

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

342 Institut dopravy

Návrh třídící linky na vodní pískovně

Design of Screening Plant in Water Sand-pit

Student:

Bc. Koritár Jiří

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Hrabovský Leopold, Ph.D.

Ostrava 2011

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Jiří Koritár

Studijní program:

N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor:

3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství

Specializace:

35 Dopravní stroje a manipulace s materiálem

Téma:

Návrh třídící linky ve vodní pískovně
Design of Screening Plant in Water Sand-pit

Zásady pro vypracování:

1. Provedte analýzu těžebních, dopravních a úpravnických zařízení využívaných při suché i mokré těžbě štěrkopísku.
2. Vytvořte dispoziční konstrukční návrh třídící linky štěrkopísku dle bližší specifikace zadavatele v pískovně Kratonohy, pro max. dodávané množství 100 t/hod.
3. Provedte výkresovou dokumentaci sestav dílčích zařízení třídící linky.
4. Zpracujte potřebné technologické a pevnostní výpočty.
5. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

1. KOHN, V.: Těžba štěrkopísku z vody. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů. Praha 1980.
2. LIVEČKA, E., MELZER, L.: Vodní bagrování. Praha: SNTL Praha, 1964, 304 str.
3. ŽÁDNÍK, B.: Stavba a opravy lodí. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů. Praha 1980.
4. POLÁK, J., BAILOTTI, K., PAVLISKA, J., HRABOVSKÝ, L.: Dopravní a manipulační zařízení II. Ostrava: ES VŠB TUO. 2003. 109 str.. ISBN 80-248-0493-X.
5. JASÁŇ, V.: Teória a stavba dopravníkov. Bratislava: ALFA Bratislava 1984. 336 str.
6. JASÁŇ, V.: Teória dopravných a manipulačných zariadení. Bratislava: ALFA Bratislava 1983. 318 str.
7. Odborná literatura, katalogové listy.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Leopold Hrabovský, Ph.D.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011



doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

Souhlasím s tím, že s výsledky mé diplomové práce může být naloženo dle uvážení vedoucího diplomové práce jako jejího spoluautora a doporučení vedoucího pracoviště. V případě publikace výsledků nebo její významné části budu uveden jako spoluautor.

V Ostravě.....

.....

Podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, же Высoкá школа ба́нская – Техни́кая универзита Ostrava (дále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude v elektronické podobě uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- было сjeднáно, же с VŠB-TUO, в пpипаде́ зájму з její strany, uzavру лицен́ни сmlouvu с о́пpáвнeнiем зúтит дiло в рoзсáху §12 oдст. 4 ауторскéго зáкoнa.
- было сjeднáно, же зúтит své дiло дипломovou пpáci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je о́пpáвнeна в тaкoвém пpипаде́ ode mne požadovat пpимéрeный пpиспeвeк на úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO на vytvoření дiла vynaloжены (až до jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, же oдeвздáním své пpáce souhlasím se зveřejнeнiем své пpáce podle зáкoнa ч. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o змeнe a доплнeнiи dalších зáкoнů (зáкoн o vysokých školách), вe знeнiи поздéjších пpедписů, без oглeду на зýслeдeк její oбхaйoбы.

V Ostravě :

.....

Bc. Jiří Koritár

Podpis

Komenského 328

Břidličná, 793 51, CZ

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

KORITÁR, J. Návrh třídící linky ve vodní pískovně. Diplomová práce.

Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2011, 73 s. Vedoucí práce: Hrabovský, L.

Hlavním tématem mé diplomové práce je návrh a optimalizace třídící linky ve vodní pískovně, pro maximální hodinový těžební výkon 100 t/hod. Diplomová práce je členěna do základních sedmi částí. V úvodu jsem podrobně přiblížil problematiku těžby písku jak suchou, tak mokrou formou. V další části je stručný popis třídící linky šterkopísku Kratonohy. V následných třech částech jsem zpracoval technologické výpočty základních částí linky. Na závěr mé práce jsem zhodnotil výkonnostní charakteristiku třídící linky a procentuální množství jednotlivých frakcí. Poslední částí je podrobná výkresová dokumentace, která tvoří přílohu mé diplomové práce.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

KORITÁR, J. Design of Screening Plant in Water Sand-pit. Master Thesis.

Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of transport, 2011, 73 p. Thesis head: Hrabovský, L.

Design and optimization of screening plant in water sand-pit for mining maximum hourly output of 100 tons per hour is the main topic of my master thesis. The master thesis is divided into seven basic parts. In the beginning, I approached the issue in detail sand mining both dry and wet form. The next section is a brief description of the screening plant Kratonohy gravel. The subsequent three parts I work the technological calculations of the essential part of the plant. In conclusion of my thesis, I evaluated the performance characteristics of the screening plant and the percentage of each fraction. The last part is the detailed drawings, which are annexed to my master thesis.

Obsah:

SEZNAM ZKRATEK:	9
SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ:	10
0. ÚVOD:	17
1. ANALÝZA SOUČASNÝCH TECHNOLOGIÍ:	18
1.1. Těžba štěrkopísku:	18
1.1.1. Vodní bagrování:	18
1.1.2. Původ písku a štěrků:	18
1.1.3. Rozdělení zeminy:	18
1.1.4. Pískoštěrkové oblasti v ČR:	19
1.1.5. Použití štěrkopísku v betonu:	19
1.2. Mechanizmy pro dobývání ve vodní pískovně:	19
1.2.1. Korečkový bagr plovoucí:	19
1.2.2. Drapákový bagr plovoucí:	20
1.2.3. Sací bagr plovoucí:	20
1.2.4. Lžicový bagr výložníkový plovoucí:	21
1.2.5. Korečkový bagr:	21
1.2.6. Házecí bagr břehový:	22
1.2.7. Škrabák:	23
1.3. Mechanizmy pro dopravu štěrkopísku:	23
1.3.1. Přeprava štěrkopísku pomocí lodní dopravy:	23
1.3.2. Plovoucí dopravníkové trasy:	24
1.3.3. Terénní pásový dopravník:	24
1.3.4. Pásový dopravník:	25
1.4. Stroje pro úpravu kameniva:	25
1.4.1. Rotační separátor:	25
1.4.2. Vibrační třídiče:	26
1.4.3. Nožové pračky:	26
1.4.4. Korečkové dehydrátory:	27
1.4.5. Třídiče se smáčením (Aquamatory):	27
1.4.6. Rozplavovací kanál:	29
1.4.7. Sedimentační stroje:	29
1.4.8. Prací bubny:	30
2. DISPOZIČNÍ NÁVRH TŘÍDÍCÍ LINKY ŠTĚRKOPÍSKU:	31
2.1. Třídící linka ve vodní pískovně Kratonohy:	31
2.2. Výsledné schéma třídící linky štěrkopísku:	32
3. PŘÍKLAD VÝPOČTU PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU DLE ISO 5048:	35
3.1. Z technických podmínek pásového dopravníku:	35

3.2.	Dle materiálu pro pásový dopravník:	35
3.3.	Výpočet pásového dopravníku dle ISO 5048:	35
3.3.1.	Volba rychlosti pásu:	35
3.3.2.	Požadovaný průřez náplně pásu:	35
3.3.3.	Volba šířky dopravního pásu a výpočet náplně pásu:	35
3.3.4.	Porovnání požadovaného a skutečného dopravního průřezu:	38
3.4.	Pohybové odpory pásového dopravníku:	38
3.4.1.	Měrná hmotnost dopravovaného materiálu:	39
3.4.2.	Měrná hmotnost rotujících částí válečků:	39
3.4.3.	Hlavní odpory:	39
3.4.4.	Síla potřebná na překonání dopravní výšky:	39
3.4.5.	Vedlejší odpory:	40
3.4.6.	Návrh pohonu pásového dopravníku:	41
3.4.7.	Návrh bubnu:	43
3.4.8.	Návrh spojky:	44
3.4.9.	Kontrola dopravníku na rozběh:	45
3.4.10.	Kontrola dopravovaného množství:	45
3.4.11.	Kontrola dopravníku při brzdění:	46
3.4.12.	Tahy v dopravním páse:	48
3.4.13.	Napínací síla:	48
3.4.14.	Skutečné tahy v dopravním páse:	48
3.4.15.	Kontrola měrného tlaku mezi dopravním pásem a bubnem:	49
3.4.16.	Pevnostní kontrola dopravního pásu:	49
3.4.17.	Zhodnocení konstrukčního návrhu dopravní trasy:	49
4.	TEORETICKÝ VÝPOČET DOPRAVNÍ VÝKONNOSTI VIBRAČNÍHO	
	TŘÍDIČE:	51
4.1.	Z technických podmínek vibračního třídiče:	51
4.2.	Výpočet vibračního třídiče:	52
4.2.1.	Úhlová frekvence kmitání:	52
4.2.2.	Výpočet amplitudy:	52
4.2.3.	Kontrola pevnosti konstrukce:	52
4.2.4.	Hodnota $\sin \varpi_{TL}$:	52
4.2.5.	Výpočet postupové rychlosti materiálu:	53
4.2.6.	Teoretický dopravní výkon vibračního třídiče:	53
5.	KAPACITNÍ VÝPOČET BUBNOVÉHO TŘÍDIČE:	54
5.1.	Z technických podmínek bubnového třídiče:	54
5.2.	Dle materiálu pro bubnový třídič:	55
5.3.	Teoretický výpočet dopravního výkonu bubnového třídiče:	55

5.3.1.	Úhlová rychlost bubnu:	55
5.3.2.	Rychlost pohybu materiálu:	55
5.3.3.	Teoretická dopravní kapacita:	56
5.3.4.	Podmínka otáček bubnu:	56
5.4.	Odpory bubnového třídiče:	56
5.4.1.	Výpočet hmotnosti dopravovaného materiálu v bubnu:	56
5.4.2.	Skutečný průřez bubnu:	57
5.4.2.1.	Úhel výseče ve stupních:	57
5.4.2.2.	Délka tětivy úseče:	57
5.4.2.3.	Délka oblouku úseče:	58
5.4.2.4.	Výška materiálu v bubnu:	58
5.4.2.5.	Celkový objem materiálu v bubnu:	58
5.4.3.	Síla od tíhy rotačního válce na kladku:	58
5.4.4.	Krouticí moment, nutný k překonání odporu opěrných válečků:	58
5.4.5.	Třecí síla materiálu o stěny bubnu:	59
5.4.6.	Třecí moment:	59
5.4.7.	Výkon pohonu bubnu:	59
5.4.8.	Zhodnocení výpočtu dopravní kapacity bubnového třídiče:	59
6.	VÝSLEDNÁ OPTIMALIZACE:	60
6.1.	Výkonnostní schéma Q_{SKUT} podle zadavatele:	60
6.2.	Výkonnostní schéma Q_{MAX} :	61
6.3.	Tabulkové porovnání:	62
6.3.1.	Optimalizace linky:	64
6.4.	Podíly jednotlivých frakcí:	65
7.	ZÁVĚR:	66
8.	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:	68
9.	SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ:	70
10.	SEZNAM VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE:	72
11.	SEZNAM PŘÍLOH:	73

Seznam zkratk:

<i>a.s.</i>	-	<i>akciová společnost</i>
<i>apod.</i>	-	<i>a podobně</i>
<i>atd.</i>	-	<i>a tak dále</i>
<i>cca.</i>	-	<i>přibližně</i>
<i>max.</i>	-	<i>maximální</i>
<i>např.</i>	-	<i>například</i>
<i>s.r.o.</i>	-	<i>společnost s ručením omezeným</i>
<i>str.</i>	-	<i>strana</i>
<i>tzn.-</i>	-	<i>to znamená</i>
<i>tzv.-</i>	-	<i>takzvaný</i>
<i>viz.-</i>	-	<i>odkaz na</i>

Seznam použitých značek a symbolů:

B	<i>Šířka dopravního pásu</i>	<i>[m]</i>
D_B	<i>Průměr bubnu</i>	<i>[m]</i>
D_{on}	<i>Průměr opěrného nákolku bubnu</i>	<i>[m]</i>
F	<i>Obvodová síla potřebná na hnacím bubnu</i>	<i>[N]</i>
F_{BV}	<i>Odpor od bočního vedení</i>	<i>[N]</i>
F_C	<i>Odpor od čističe pásu</i>	<i>[N]</i>
F_{DOV}	<i>Dovolená síla</i>	<i>[N]</i>
F_{DV}	<i>Síla potřebná na překonání dopravní výšky</i>	<i>[N]</i>
F_{FC}	<i>Odpor ložisek bubnu</i>	<i>[N]</i>
F_G	<i>Síla od tíhy bubnu na kladku</i>	<i>[N]</i>
F_H	<i>Síla potřebná na překonání pohybových odporů dopravníku</i>	<i>[N]</i>
F_{max}	<i>Maximální síla v dopravním páse</i>	<i>[N]</i>
F_N	<i>Odpor v násypce</i>	<i>[N]</i>
F_{ns}	<i>Tah v dopravním páse v nabíhající větvi</i>	<i>[N]</i>
F_o	<i>Odbíhající síla</i>	<i>[N]</i>
F_{oc}	<i>Odpor ohybu pásu na bubnu</i>	<i>[N]</i>
F_{os}	<i>Tah v dopravním páse v odbíhající větvi</i>	<i>[N]</i>
F_{tr}	<i>Síla tření materiálu o stěnu bubnu</i>	<i>[N]</i>
F_V	<i>Vedlejší odpor</i>	<i>[N]</i>

F_z	<i>Napínající síla</i>	$[N]$
G_B	<i>Tíha rotačního bubnu</i>	$[kg]$
G_{MB}	<i>Tíha materiálu v bubnu</i>	$[kg]$
H	<i>Převýšení</i>	$[m]$
J_{B1}	<i>Moment setrvačnosti hnacího bubnu</i>	$[kg.m^2]$
J_{B2}	<i>Moment setrvačnosti vratného bubnu</i>	$[kg.m^2]$
J_M	<i>Moment setrvačnosti motoru</i>	$[kg.m^2]$
J_P	<i>Moment setrvačnosti převodovky</i>	$[kg.m^2]$
J_S	<i>Moment setrvačnosti spojky</i>	$[kg.m^2]$
K	<i>Převodový součinitel</i>	$[-]$
K_P	<i>Konstanta pevnosti konstrukce</i>	$[-]$
K_V	<i>Technologický koeficient</i>	$[-]$
L	<i>Délka dopravníku</i>	$[m]$
L_B	<i>Délka úseče bubnu</i>	$[m]$
L_{B1}	<i>Délka bubnu</i>	$[m]$
L_1	<i>Délka spodního válečku</i>	$[m]$
L_3, L_4	<i>Délka středního válečku</i>	$[m]$
M_B	<i>Brzdný moment</i>	$[Nm]$
M_{B1}	<i>Brzdný moment potřebný k zastavení dopravníku</i>	$[Nm]$
M_{B2}	<i>Brzdný moment potřebný k udržení dopravního pásu v klidu</i>	$[Nm]$
M_{DM}	<i>Dynamický moment zátěže</i>	$[Nm]$

M_k	<i>Kroutící moment pro překonání odporu opěrných válečků</i>	<i>[Nm]</i>
M_M	<i>Jmenovitý moment elektromotoru</i>	<i>[Nm]</i>
M_{omax}	<i>Maximální ohybový moment čepu</i>	<i>[Nmm]</i>
M_{onmax}	<i>Maximální ohybový moment nosníku</i>	<i>[Nmm]</i>
M_S	<i>Jmenovitý kroutící moment spojky</i>	<i>[Nm]</i>
M_{SM}	<i>Skutečný moment motoru</i>	<i>[Nm]</i>
$M_{tř}$	<i>Třecí moment</i>	<i>[Nm]</i>
M_V	<i>Výpočtový kroutící moment spojky</i>	<i>[Nm]</i>
P	<i>Potřebný převodový výkon k pohonu pásového dopravníku</i>	<i>[kW]</i>
P_M	<i>Příkon elektromotoru</i>	<i>[kW]</i>
Q	<i>Maximální hodinový výkon</i>	<i>[t.h⁻¹]</i>
Q_B	<i>Skutečný dopravovaný výkon bubnu</i>	<i>[t.h⁻¹]</i>
Q_{SKUT}	<i>Skutečný dopravovaný výkon</i>	<i>[t.h⁻¹]</i>
Q_{rozdl}	<i>Rozdíl dopravného množství</i>	<i>[%]</i>
Q_{vp}	<i>Skutečný dopravovaný výkon</i>	<i>[t.h⁻¹]</i>
Q_T	<i>Teoretický dopravní výkon</i>	<i>[t.h⁻¹]</i>
Q_{MAX}	<i>Maximální dopravní výkon</i>	<i>[t.h⁻¹]</i>
S	<i>Skutečná plocha průřezu S_1 a S_2</i>	<i>[m²]</i>
S_1	<i>Plocha průřezu</i>	<i>[m²]</i>
S_2	<i>Plocha průřezu</i>	<i>[m²]</i>
S_B	<i>Plocha průřezu</i>	<i>[m²]</i>

S_{np}	<i>Plocha náplně pásu</i>	$[m^2]$
S_P	<i>Požadovaný průřez náplně pásu</i>	$[m^2]$
S_p	<i>Celková požadovaná plocha průřezu náplně pásu</i>	$[m^2]$
S_S	<i>Celková skutečná plocha průřezu náplně pásu</i>	$[m^2]$
S_{SKUT}	<i>Skutečný dopravní průřez</i>	$[m^2]$
T_{max}	<i>Maximální tah v dopravním páse</i>	$[N]$
V_B	<i>Objem materiálu v bubnu</i>	$[m^3]$
b	<i>Využitelná ložná šířka pásu</i>	$[m]$
b_l	<i>Zaplněná šířka pásu</i>	$[m]$
b_N	<i>Šířka násypky</i>	$[m]$
d_h	<i>Průměr horního válečku</i>	$[m]$
d_s	<i>Průměr spodního válečku</i>	$[m]$
f	<i>Globální součinitel pro dovrchní dopravu</i>	$[-]$
f_v	<i>Součinitel vnějšího tření materiálu o stěnu bubnu</i>	$[-]$
g	<i>Gravitační zrychlení</i>	$[m.s^{-2}]$
h	<i>Výška podávaného materiálu</i>	$[m]$
h_B	<i>Výška materiálu v bubnu</i>	$[m]$
i_p	<i>Výpočtový převodový poměr převodovky</i>	$[-]$
i_{ps}	<i>Převodový poměr</i>	$[-]$
k	<i>Korekční součinitel dopadu materiálu na skloněnou plochu</i>	$[-]$
k_l	<i>Součinitel korekce vrcholku náplně pásu</i>	$[-]$
k_b	<i>Součinitel účinnosti elektromotoru</i>	$[-]$

k_B	<i>Součinitel bezpečnosti brzdy</i>	<i>[-]</i>
k_{ε}	<i>Koeficient bezpečnosti</i>	<i>[-]</i>
k_n	<i>Koeficient bezpečnosti</i>	<i>[-]</i>
k_s	<i>Koeficient bezpečnosti</i>	<i>[-]</i>
k_{φ}	<i>Koeficient plnění</i>	<i>[-]</i>
l_B	<i>Délka bubnu</i>	<i>[m]</i>
l_{BV}	<i>Délka bočního vedení</i>	<i>[m]</i>
m_{B1}	<i>Hmotnost hnacího bubnu</i>	<i>[kg]</i>
m_{B2}	<i>Hmotnost vratného bubnu</i>	<i>[kg]</i>
m_{dm}	<i>Maximální hmotnost dopravovaného materiálu</i>	<i>[kg]</i>
m_p	<i>Metrová hmotnost pásu</i>	<i>[kg.m⁻¹]</i>
m'_p	<i>Hmotnost pásu</i>	<i>[kg.m²]</i>
m_q	<i>Hmotnost dopravovaného materiálu</i>	<i>[kg.m⁻¹]</i>
m_v	<i>Hmotnost rotujících válečků</i>	<i>[kg.m⁻¹]</i>
m_{vh}	<i>Hmotnost horního válečku</i>	<i>[kg]</i>
m_{vs}	<i>Hmotnost spodního válečka</i>	<i>[kg]</i>
n_B	<i>Otáčky bubnu</i>	<i>[ot.min⁻¹]</i>
n_{BR}	<i>Počet brzd</i>	<i>[-]</i>
n_c	<i>Počet čističů pásu</i>	<i>[-]</i>
n_e	<i>Počet elektromotorů</i>	<i>[-]</i>
n_M	<i>Jmenovité otáčky elektromotoru</i>	<i>[ot.min⁻¹]</i>
n_p	<i>Otáčky převodovky</i>	<i>[ot.min⁻¹]</i>

n_{vh}	<i>Počet válečků v horní větvi</i>	<i>[-]</i>
n_{vs}	<i>Počet válečků ve spodní větvi</i>	<i>[-]</i>
p	<i>Měrný tlak mezi dopravním pásem a bubnem</i>	<i>[MPa]</i>
r_k	<i>Poloměr kladky</i>	<i>[m]</i>
s	<i>Rozteč šroubovice</i>	<i>[m]</i>
t_B	<i>Délka tětiny bubnu</i>	<i>[m]</i>
t_b	<i>Doba brzdění</i>	<i>[s]</i>
t_r	<i>Doba rozběhu</i>	<i>[s]</i>
t_1	<i>Rozteč válečků v horní větvi</i>	<i>[m]</i>
t_2	<i>Rozteč válečků ve spodní větvi</i>	<i>[m]</i>
v	<i>Rychlost dopravního pásu</i>	<i>[m.s⁻¹]</i>
v_o	<i>Počáteční rychlost zrna</i>	<i>[m.s⁻¹]</i>
v_m	<i>Rychlost pohybu materiálu v bubnu</i>	<i>[m.s⁻¹]</i>
v_{sk}	<i>Skutečná rychlost pásu</i>	<i>[m.s⁻¹]</i>
w	<i>Globální součinitel pro dovrchní dopravu</i>	<i>[-]</i>
w_o	<i>Koeficient odporu ložiska kladky</i>	<i>[-]</i>
z_p	<i>Počet párů opěrných kladek</i>	<i>[-]</i>
α_u	<i>Úhel úseče bubnu</i>	<i>[°]</i>
α_p	<i>Přirozený sypný úhel</i>	<i>[°]</i>
α_o	<i>Úhel opěrných kladek</i>	<i>[°]</i>
ε	<i>Úhel sklonu dopravníku</i>	<i>[°]</i>
η	<i>Účinnost poháněcí stanice</i>	<i>[-]</i>

ϕ	<i>Úhel vnitřního tření</i>	$[^{\circ}]$
ϕ_v	<i>Koeficient přídavné vody</i>	$[-]$
ω	<i>Úhlová rychlost</i>	$[\text{Rad} \cdot \text{s}^{-1}]$
λ_v	<i>Úhel sklonu bočních válečků</i>	$[^{\circ}]$
μ	<i>Účinnost opásání</i>	$[-]$
μ_B	<i>Součinitel tření mezi dopravovaným materiálem a bočním vedením</i>	$[-]$
μ_{\max}	<i>Maximální účinnost poháněcí stanice</i>	$[-]$
π	<i>Konstanta Pi</i>	$[\text{rad}]$
ρ_o	<i>Hustota oceli</i>	$[\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}]$
ρ_s	<i>Sypná hmotnost písku</i>	$[\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}]$
σ_{Dov}	<i>Dovolené napětí v dopravním páse</i>	$[\text{MPa}]$
ψ	<i>Koeficient rozvolnění</i>	$[-]$
ψ_{dyn}	<i>Dynamický sypný úhel</i>	$[^{\circ}]$

0. Úvod:

Pískovna je povrchový lom určený pro těžbu přírodního písku. Těžba čistého písku je velmi okrajová záležitost. V naprosté většině se jedná o těžbu štěrkopísku. Obvykle se jedná o větší relativně mělkou povrchovou jámu, jež vznikne postupným odstraněním povrchové půdní vrstvy a odtěžením případných nadložních hornin. Pískovny bývají otevírány velmi často v údolních nivách v okolí velkých řek, tedy v místech s velkým výskytem říčního štěrkopísku. Vzhledem k hydro-propustnosti písku bývají pískovny v nížinách trvale zatopeny spodní vodou a těžba po celou dobu probíhá z podvodní hladiny. Moderní pískovny bývají v současnosti spojeny s další stavební výrobou, např. výrobou suchých maltových směsí, s výrobou betonu či stavebních prefabrikátů apod.

Vytěžené pískovny, pokud nejsou zpětně rekultivovány do původního přírodního stavu, mohou být později zatopeny vodou, čímž vznikají rekultivační jezera tzv. písničky a mohou sloužit zejména pro sport, rekreaci popřípadě i pro rybolov. Některé bývalé pískovny pak také mohou posloužit i jako hnízdiště vzácných druhů ptáků (např. břehule říční). Podle současných poznatků je nevhodné provádět rekultivaci na původní biotop před započítím těžby. Raná stadia sukcese po těžbě pískoven, v naprosté většině případů, představují daleko cennější biotop než původní biotop.

1. Analýza současných technologií:

Předtím, než se začneme zabývat tím, jak roztrždit daný užiteční štěrkopísek do několika frakcí, měli bychom se zabývat základními způsoby dobývání a následnou dopravou užitečného nákladu do daného prostoru třídírny. Také si vysvětlíme pár mechanismů, které se mohou pro daný případ použít. Poté se budeme zabývat technologiemi třídění štěrkopísku s jejími mechanismy, které se používají pro vodní pískovny či štěrkovny.

1.1. Těžba štěrkopísku:

1.1.1. Vodní bagrování:

Do komplexu prací těžby štěrkopísku zahrnujeme vodní bagrování jakýmkoli typem plovoucího bagru a dopravu vytěženého štěrkopísku na břeh k dalšímu zpracování.

1.1.2. Původ písku a štěrku:

Přírozené štěrky a písky byly rozrušovány zvětráním žuly, ruly, svorů, glukonických vápenců a pískovců, při kolísání teplot, srážek, větrů, mrznoucí vody apod. Zvětralá hornina nebyla mechanickým účinkem zpravidla z původního místa přemísťována a vytvořila se hrubší zrna štěrku a písku. Chemickým zvětráváním se horniny rozpadaly na velmi jemné částice, které tvoří jíly a slíny.

1.1.3. Rozdělení zeminy:

Nejprve si řekněme, jaký je rozdíl mezi horninou a zeminou. *Hornina* je nerostná hmota tvořící zemskou kůru. Jakmile tuto horninu rozrušíme, nazýváme ji *zeminou*.

Rozrušování původní struktury hornin zvětráváním, tzn. kolísáním teplot, vodními srážkami, větry, mrznoucí vodou nebo tlakem, je příčinou toho, že se zeminy skládají z různě velkých částic a obsahují zrna různé velikosti. Tento údaj se vyjadřuje *zrnitostí*. Zrnitost je poměrné množství různých částic v zemině, kde obsah zrn určité velikosti je vyjádřen *frakcí*. Klasifikace zrnitostních frakcí viz. norma ČSN 72 1513 Zdroj: [8].

1.1.4. Pískošťerkové oblasti v ČR:

Naše země je bohatá na čtvrtohorní „pleistocenní“ pískošťerkové sedimenty poskytující kvalitní písky a šťerky. K těmto je pak možno připočíst též naplaveniny třetihorní, zvláště pokud mají vhodné vlastnosti s náplavou čtvrtohorní. U nás jsou tři šťerkopískové oblasti:

Oblast labsko-vltavská, střední Labe a dolní Vltava.

Oblast střední a dolní Moravy navazující na dolní Podyjí.

Oderská oblast s přítoky kolem Ostravy.

1.1.5. Použití šťerkopísku v betonu:

Podstatnou část pevné konstrukce betonu tvoří šťerkopísek. Milióny kubických metrů této zeminy, která se v dnešní stavební technice zpracovává do staveb bytových, průmyslových, veřejných, dopravních, zemědělských a vodních, závisí především na kvalitě šťerkopísku, na jeho konstrukčních a technologických vlastnostech. Tato kvalita je prvním a základním předpokladem pro zvýšení stupně bezpečnosti ve statických výpočtech. Čím kvalitnější je šťerkopísek, tím efektivnější jsou i rozměry stavebních konstrukcí při snižování dílů cementu. Vysoké nároky jsou kladeny na šťerkopísky pro prefabrikace, zejména tenkostěnné, a pro účely speciální, jakou jsou betony vodo-stavební apod.

1.2. Mechanizmy pro dobývání ve vodní pískovně:

Základní dobývání písku ve vodních pískovnách lze pomocí dvou základních způsobů: a to za pomoci plovoucích, či břehových bagrů, které dále dělíme do několika skupin...

1.2.1. Korečkový bagr plovoucí:

Korečkový bagr je plovoucí stroj určený k těžbě z vody na uzavřených vodních plochách s klidnou hladinou – šťerkopískovnách a řekách šťerkopísku o zrnitosti 0/32 mm z vody s ojedinělým výskytem zrn do 100 mm.

Vytěžený materiál v korečcích při pohybu po lafetě nad vodní hladinou se samovolně odvodňuje. Na horní trasu jednotlivé korečky materiál vysypou na šikmou plochu spodního skluzu, kterým je usměrněn na odtahový pásový dopravník.



Obr. 1.1 Korečkový bagr plovoucí typu KB 50, zdroj:[14]

1.2.2. Drapákový bagr plovoucí:

Plovoucí drapákový bagr je plovoucí stroj určený k těžbě z vody na uzavřených vodních plochách s klidnou hladinou – štěrkopískovnách a řekách štěrkopísku z velkých hloubek.



Obr. 1.2 Drapákový bagr plovoucí typu DB, zdroj: [14]

1.2.3. Sací bagr plovoucí:

Plovoucí sací bagr je určen pro čištění dna a těžbu štěrkopísku s jemnou zrnitostí v řekách, jezerech a pro čištění kanálů. Nasátý materiál je dopravován výtlačným dopravním potrubím na pontonech na břeh. Na břehu je nutno materiál odvodnit pro další zpracování.



Obr. 1.3 Sací bagr plovoucí typu SB 50, zdroj: [14]

1.2.4. Lžicový bagr výložníkový plovoucí:

Plovoucí lžicové bagry se u nás k průmyslové vodní těžbě používají zřídka. Uplatňují se především při budování a čištění rybníků, vodních nádrží a při různých melioračních pracích. Na uzavřených štěrkovištích i řekách slouží k prohlubování a čištění plavební dráhy.

Princip je podobný jako u stavebních strojů, upevněné soustavě pohyblivých ramen, ovládané hydraulicky.



Obr. 1.4 Lžicový bagr výložníkový, zdroj: fotografie doc. Ing. Hrabovský Leopold, Ph.D.

1.2.5. Korečkový bagr:

Korečkový bagr břehový je určen pro těžbu štěrkopísku s jemnou i hrubou zrnitostí. Vytěžený materiál je dopravován většinou přímo do nákladních vozů, které jej dále přepravují na požadovanou pozici. Korečkový bagr břehový je vybaven v naprosté většině pásovým podvozkem, pomocí kterého se pohybuje po břehu. Další možností pohybu po břehu tohoto masivního stroje je tzv. *krokový způsob pohybu* (je to systém, při kterém se zařízení posouvá pomocí hydraulických pístů po malých krůčcích).



Obr. 1.5 Korečkový bagr typu AKX 600, zdroj: [15]

1.2.6. Házecí bagr břehový:

V dnešní době zřídka využívaný způsob pro těžbu štěrkopísku. Slouží pro těžbu „menších“ výkonností. Pohybem ramene vrhne lžíci z břehu do vody a pomocí soustavy navijáků je po té přitahuje zpět na břeh.

Svou pracovní činnost provádí těsně u břehu těžebního jezera, kde pohyb po samotném břehu jezera je zajištěn pomocí pásového podvozku, na němž je nainstalován mechanismus s otočí nosící vlastní celek házecího bagru a to je: strojovna, výložník se lžící, tažné a zvedací lano.



Obr. 1.6 Házecí bagr, zdroj: fotografie doc. Ing. Hrabovský Leopold, Ph.D.

1.2.7. Škrabák:

Škrabáky jsou vyráběny v provedení standard, nebo výložníkové s pohonem diesel nebo elektro.



Obr. 1.7 Lžicový bagr škrabákový SB 50, zdroj: [15]

1.3. Mechanizmy pro dopravu štěrkopísku:

Štěrkopísek vytěžený těžebními bagry v uzavřeném štěrkovišti lze dopravovat:

- plavidly,
- pásovými dopravníkem,
- potrubím.

1.3.1. Přeprava štěrkopísku pomocí lodní dopravy:

Lodní doprava tvoří značné procento z celkového objemu přepravu vytěženého štěrkopísku na uzavřených štěrkovištích a je důležitým článkem těžby i plnění úkolů provozovny.

Geologický průzkum umožňuje zjistit výšku skrývky (zeminy) nad ložiskem, vrstvu složení štěrkopísku a plochu, která bude vytěžena. Podle těchto měřítek lze přesně stanovit,

který druh plovoucího bagru a jaký způsob dopravy se bude používat. Základní rozdělení loďní dopravy je na remorkéry a čluny.

1.3.2. Plovoucí dopravníkové trasy:

Plovoucí pásový dopravník je určen k přímočaré dopravě vytěžených zrnitých materiálů.

Plovoucí dopravníkové pásy lze používat k dopravě vytěženého štěrkopísku všemi druhy a typy plovoucích těžebních bagrů. Plovoucí dopravníky se používají na menších vodních plochách (*do 30 ha*), nejlépe tam, kde těží plovoucí drapákový bagr a kde je vlivem větších hloubek postup těžby pomalý. Konstrukce plovoucího dopravníku se příliš neliší od konstrukce pásového dopravníku pozemního.



Obr. 1.8 Plovoucí dopravníková trasa typu EP 400/3 4+2 A-A, zdroj: [14]

1.3.3. Terénní pásový dopravník:

Terénní pásový dopravník je určen k přímočaré dopravě zrnitých materiálů – těžené kamenivo. Na horní větvi dopravního pásu se dopravují zrnité materiály z jednoho násypného místa do násypného místa druhého.



Obr. 1.9 Terénní pásový dopravník typu EP 400/3 4+2 A-A, zdroj: [14]

1.3.4. Pásový dopravník:

Pásový dopravník je určen k přímočaré dopravě zrnitých materiálů (drcené, těžené kamenivo, rudy, uhlí, stavební sutě, strusky apod.) Na horní větvi dopravního pásu se dopravují zrnité materiály z jednoho nebo více násypných míst do jednoho místa.



Obr. 1.10 Pásový dopravník typu EP 400/3 4+2 A-A, zdroj: [14]

1.4. Stroje pro úpravu kameniva:

Většina těchto strojů jsou velmi složitá, komplexní a individuálně konfigurovatelná zařízení. Proto u každého stroje uvádím pouze základní informace.

1.4.1. Rotační separátor:

Rotační separátor je určený k separaci těžené suroviny znečištěné jíly a podávání suroviny k dalšímu zpracování. Surovina z rotačního separátoru vypadává otvory v plášti bubnu do výsypky umístěné pod bubnem, větší části vypadávají na konci bubnu do výsypky. Buben separátoru je pogumován.



Obr. 1.11 Rotační „odjílovač“ typu RO 1200, zdroj: [14]

1.4.2. Vibrační třídiče:

Vibrační třídič se používá pro třídění nelepivých zrnitých materiálů – zvláště je vhodný pro finální třídění kusových zrnitých materiálů s horší tvarovou hodnotou zrn se sklonem ke klínování i pro recyklace. Materiál nesmí být lepkavý a nesmí obsahovat lepkavé příměsi. Síta mohou být polyuretanová a ocelová.



Obr. 1.12 Vibrační třídič typu CVS 1230, zdroj: [14]

1.4.3. Nožové pračky:

Nožová pračka je určena k intenzivnímu praní ve vodě a odplavení uvolněných nečistot z těženého, nebo drceného kameniva, šterkopísků a jiných nekovových nerostů o zrnitosti $4 - 70 \text{ mm}$. Je vhodná pro odstranění jílu z těžko rozpustných povlaků na praných zrnitých materiálech. V nakloněné vaně se vstupní materiál pere pomocí dvojce proti sobě otáčejících se rotorů a současně se posouvá nahoru směrem k výstupnímu otvoru.



Obr. 1.13 Nožová pračka typu NP 60/4, zdroj: [14]

1.4.4. Korečkové dehydrátory:

Korečkový dehydrátor DKP je určen k odvodňování kameniva a odstranění odplavitelných a jemných částic z kameniva o zrnitosti $0 - 22 \text{ mm}$. Je to zařízení, ve kterém se otáčením korečkového kola nabírá zvodněný písek do korečků se síty. Voda odtéká do vany a odvodněný písek vypadává na druhé straně kola k další dopravě. Šnekové kolo přihrnuje usazené částice kameniva zpět do vany korečkového kola, kde je opět korečkové kolo nabírá.



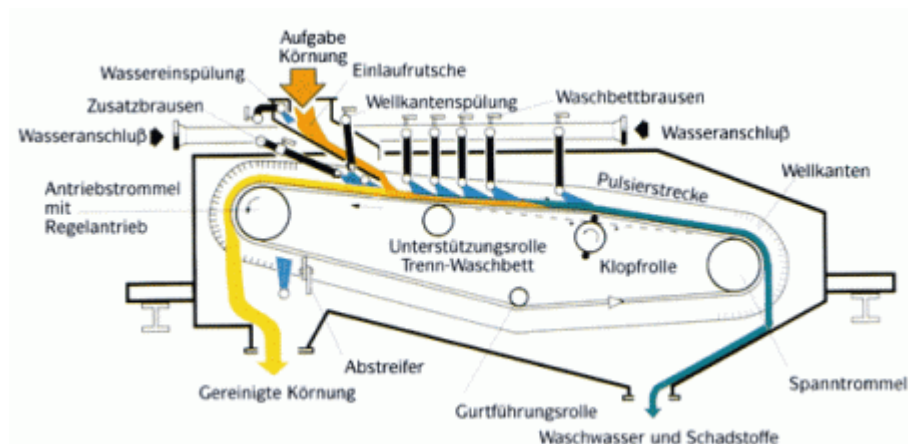
Obr. 1.14 Korečkový dehydrátor typu DKP 50, zdroj: [14]

1.4.5. Třidiče se smáčením (Aquamatory):

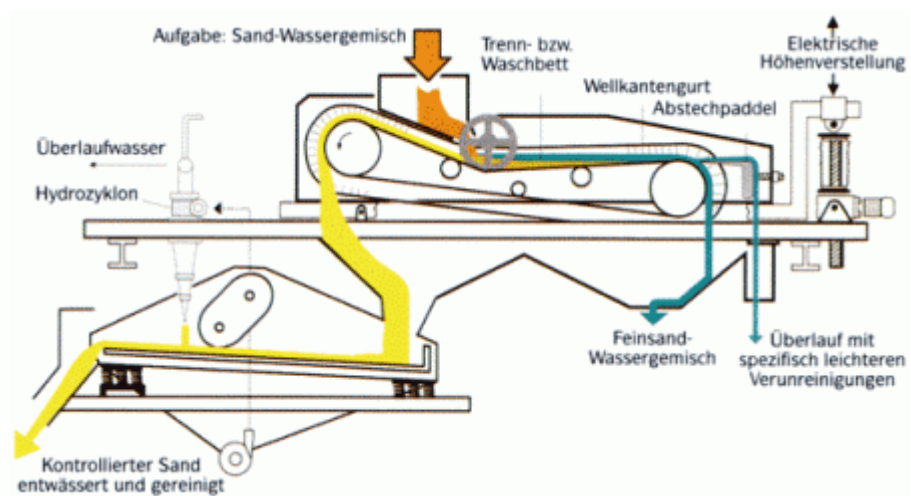
Slouží především k úplnému dočištění štěrkopísku. Odplavováním jemného písku z kameniva, pomocí vrchního zkrápění a následným průchodem přes vibrační třídič. Tento způsob je velmi rozšířen právě v třídírnách štěrkopísku.



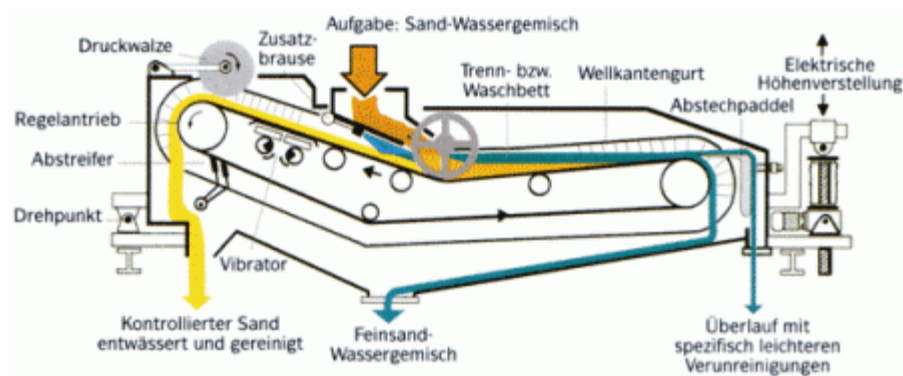
Obr. 1.15 „Aguamator“ typu AS, zdroj: [15]



Obr. 1.16 „Aguamator“ typu AK pro materiál od 4 mm, zdroj: [15]



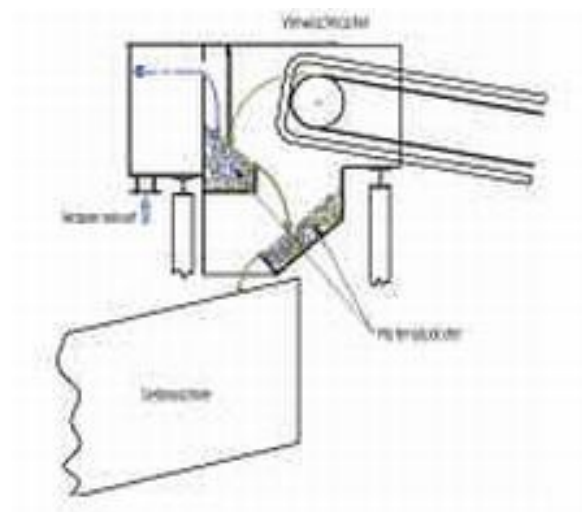
Obr. 1.17 „Aguamator“ typu AS pro materiál 10-4 mm, zdroj: [15]



Obr. 1.18 „Aguamator“ typu ASE pro materiál 0-4 mm s dehydrací, zdroj: [15]

1.4.6. Rozplavovací kanál:

Tyto speciální kanály (komory) jsou určeny k dokonalému přeprání materiálu. Jsou vyráběny jedno a vícestupňové, podle stupně a obtížnosti znečištění.



Obr. 1.19 Schéma rozplavovacího kanálu, zdroj: [15]

1.4.7. Sedimentační stroje:

Slouží k odstraňování uhlí z písků, štěrkopísků a kameniva. Jsou použity tam, kde nestačí použití „aquamátorů“ vzhledem k malému rozdílu specifických hmot materiálu a nečistot.



Obr. 1.20 Sedimentační stroj, zdroj: [15]

1.4.8. Prací bubny:

Základem rotačních bubnových praček jsou bubny vyrobené z ocelového plechu. Jsou opatřeny dvěma nebo více odvalovacími věnci, uloženými na kladkách (rolnách). Závisle na výkonu se jejich průměr pohybuje zpravidla do 3 – 5 m a délka bývá 5–10-ti násobkem průměru. Poháněny jsou elektromotory přes převodovou skříň a ozubený věnec. Bubny jsou konstruovány s vestavbou, nebo bez vestavby (pro materiály lepivé, inkrustující). Bubny jsou používány pro třídění zrnitých materiálů s širším spektrem velikosti částic. Částice jsou ve vzájemném kontaktu, mohou se obrušovat, jejich velikost a tvar se může v průběhu sušení měnit. Tyto skutečnosti mohou být příznivé pro získání materiálu určitých vlastností. Výkony sušících bubnů se pohybují v desítkách až stovkách tun za hodinu.

V našem případě je otáčející se buben vybaven vnitřním zkrápěním a lopatkami, které zajišťují dostatečné dočištění nejhrubšího štěrku. Prací bubny se využívají pro těžbu štěrku z pískoven s maximální zrnitostí kameniva do 40mm.



Obr. 1.21 Prací buben, zdroj: vlastní fotografie

2. Dispoziční návrh třídící linky štěrkopísku:

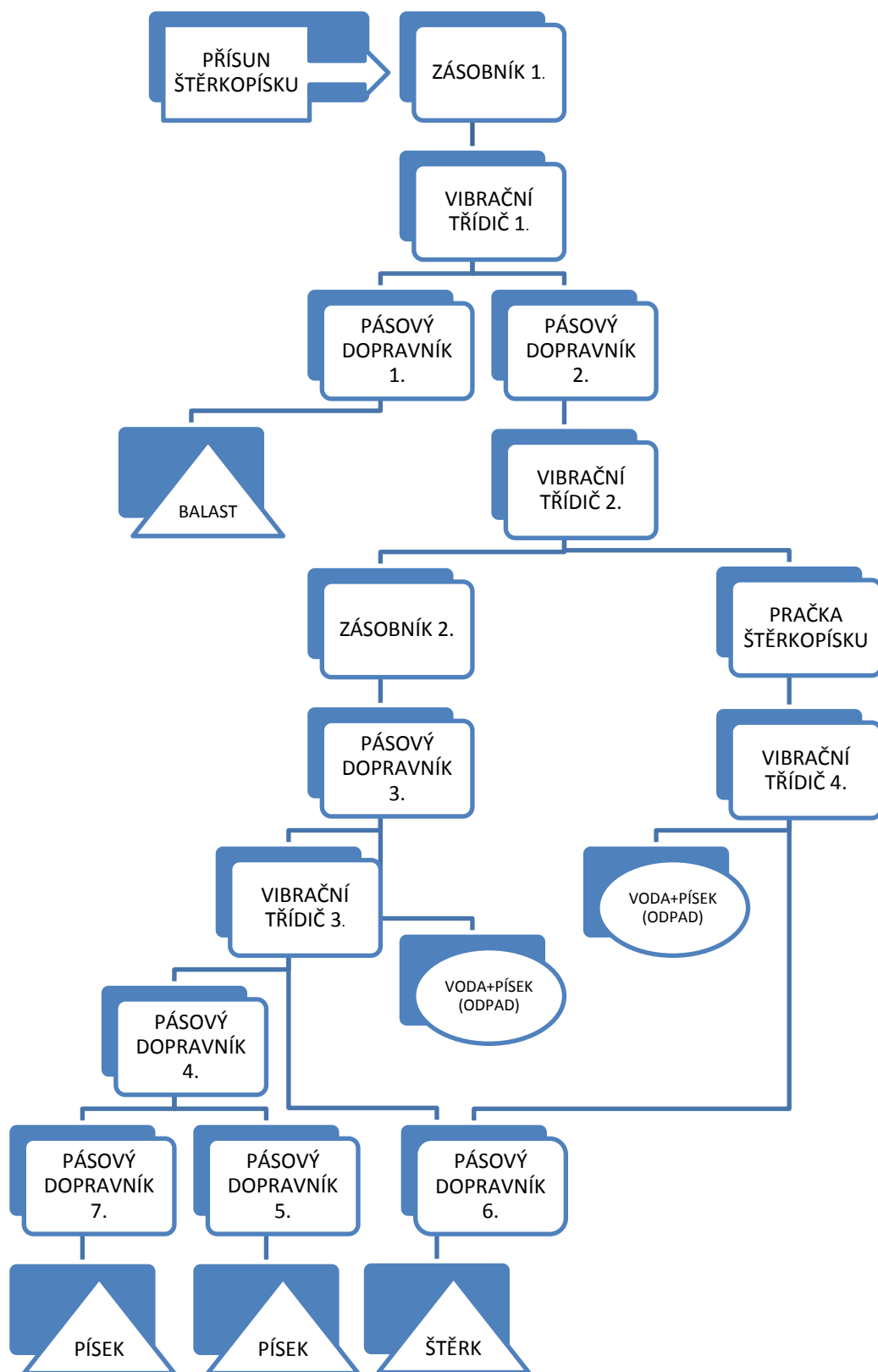
2.1. Třídící linka ve vodní pískovně Kratonohy:

Dle bližších specifikací zadavatele jsem do dispozičního řešení třídící linky štěrkopísku nezasahoval. Pouze jsem poukázal na možné optimalizace třídírny, jako celku. Linka obsahuje tyto základní součásti: příjezdová cesta, vyrovnávací zásobníky 2x, pásové dopravníky 7x , vibrační třídiče 4x , pračka štěrkopísku, drenážní potrubí 4x , haldy 4x.



Obr. 2.1 Letecká fotografie pískovny Kratonohy, zdroj: aplikace google Earth

2.2. Výsledné schéma třídící linky štěrkopísku:



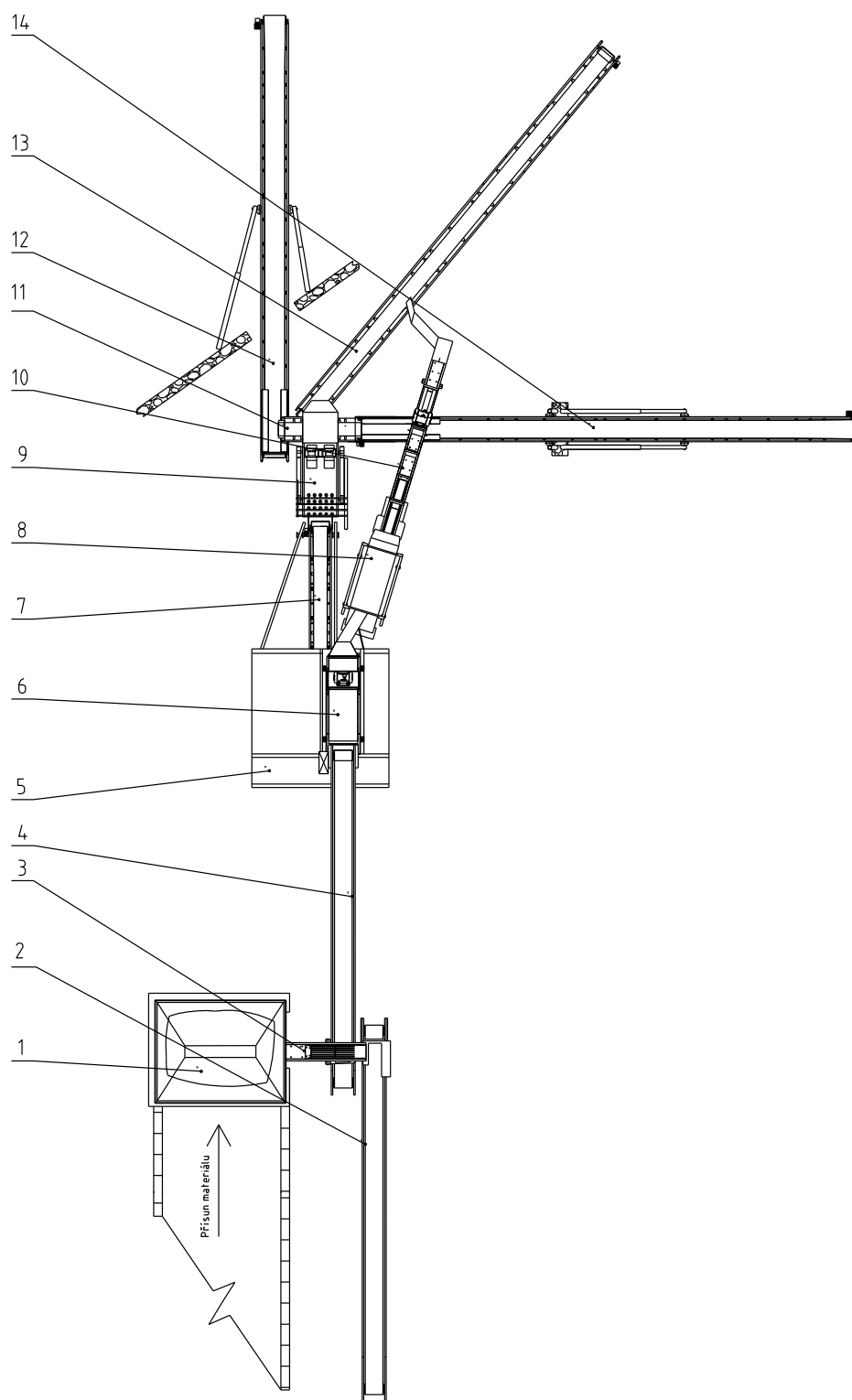
Obr. 2.2 Schéma třídící linky štěrkopísku, zdroj: Vlastní schéma

Optimalizace třídící linky spočívá v nalezení částí, které snižují výkonnost celé třídící linky tj. výkonnost je menší než následující zařízení. V následující části a v níže uvedených výpočtech udávám příklady některých částí linky, u kterých zjistíme maximální dopravované množství jednotlivých částí linky a následně tyto hodnoty přidělíme jednotlivým polím tohoto schématu. Tímto procesem chci označit místa, na které bychom se měli soustředit. Místa označené červeným kroužkem jsou místa tzv. kritická, u kterých následně provedeme optimalizaci.

U pásových dopravníků je více možností navýšení kapacity jako je např. výměna motoru za výkonnější, zvýšení rychlosti pásu nebo zvýšit šířku pásu. Nejjednodušší variantou navýšení kapacity jsou první dvě uvedené, jelikož je to nejmenší zásah do konstrukce dopravníku.

Co se týče výkonnosti vibračních třídíčů, je zde také možnost výměny motoru s vyšší frekvencí kmitání, nebo zvýšení náklonu dopravní plochy.

Dále bychom mohli být omezeni výpustnými otvory zásobníku, přičemž s této problematice se nemusím dále věnovat, jelikož výpustné otvory mají dostatečnou rezervu pro zvýšení výkonnosti, a to až o více jak 50% stávajícího hodinového výkonu linky.



Obr. 2.3 Skutečné dispoziční řešení třídící linky Kratonohy, zdroj: *Vlastní model*

Legenda:

1. Zásobník č.1, **2.** Pásový dopravník č.1, **3.** Vibrační třídič č.1, **4.** Pásový dopravník č.2, **5.** Zásobník č.2, **6.** Vibrační třídič č.2, **7.** Pásový dopravník č.3, **8.** Pračka štěrkopísku, **9.** Vibrační třídič č.3, **10.** Vibrační třídič č.4, **11.** Pásový dopravník č.4, **12.** Pásový dopravník č.5, **13.** Pásový dopravník č.6, **14.** Pásový dopravník č.7,

3. Příklad výpočtu pásového dopravníku dle ISO 5048:

3.1. Z technických podmínek pásového dopravníku:

Tab. 3.1 Parametry pásového dopravníku č. 1

Jednosměrný pásový dopravník pro výkon	$Q_{MAX} = 85 \text{ t/hod}$
Pohon pásu je zabezpečen el. válcem	$P = 2,2 \text{ kW}$
Úhel sklonu dopravníku	$\varepsilon = 17^\circ$
Dopravní vzdálenosti	$L = 21,5 \text{ m}$
Dopravní rychlost	$v = 0,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

3.2. Dle materiálu pro pásový dopravník:

Tab. 3.2 Parametry přepravovaného materiálu

Dynamický sypný úhel	$\psi_{dyn} = 18^\circ$
Sypná hmotnost	$\rho_s = 1850 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

3.3. Výpočet pásového dopravníku dle ISO 5048:

3.3.1. Volba rychlosti pásu:

\Rightarrow dle zadaných parametrů $v = 0,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

3.3.2. Požadovaný průřez náplně pásu:

$$S_p = \frac{Q}{3,6 \cdot k_\varphi \cdot \rho_s \cdot v} = \frac{85}{3,6 \cdot 0,7 \cdot 1850 \cdot 0,8} = \underline{\underline{0,0228 \text{ m}^2}} \quad (3.1)$$

kde je:

$$k_\varphi \in \langle 0,7; 0,9 \rangle \Rightarrow \text{volím } k_\varphi = 0,7$$

3.3.3. Volba šířky dopravního pásu a výpočet náplně pásu:

\Rightarrow Na základě změřených parametrů. Volím dopravní pás firmy **Gumex EP 400/3**.

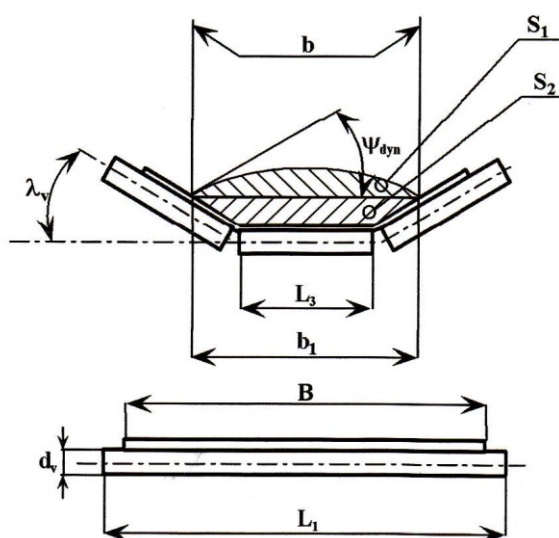
Textilní kostra je složena s vložek, které jsou z polyetylenových vláken v kombinaci s polyamidovými (EP) vlákny s ochranným gumovým okrajem a šípovým tvarováním.

Katalog výrobků: **Gumex**

Tab. 3.3 Technické parametry pásového dopravníku

Šířka pásu	$B = 0,6 \text{ m}$
Metrová hmotnost pásu	$m_p = 7,26 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$
Průměr horního válečku	$d_h = 108 \text{ mm}$
Průměr spodního válečku	$d_s = 108 \text{ mm}$
Délka spodního válečku	$L_1 = 730 \text{ mm}$
Délka středního válečku	$L_3 = 200 \text{ mm}$
Hmotnost spodního válečku	$m_{\text{vs}} = 7,8 \text{ kg}$
Hmotnost horního válečku	$m_{\text{vh}} = 2,7 \text{ kg}$
Úhel sklonu bočních válečků	$\lambda_v = 30^\circ$

V tomto případě výpočtu dopravníku je zvoleno tříválečkové uspořádání válečkové stolice [obr. 3.1]



Obr. 3.1 Tříválečkové uspořádání stolice, zdroj: [8]

Skutečný průřez náplně pásu

$$\begin{aligned}b &= 0,9 \cdot B - 0,05 \\b &= 0,9 \cdot 0,6 - 0,05 \\b &= 0,49 \text{ m}\end{aligned}\tag{3.2}$$

$$\begin{aligned}b_1 &= b \cdot \cos \lambda_v + L_3 \cdot (1 - \cos \lambda_v) \\b_1 &= 0,49 \cdot \cos 30 + 0,2 \cdot (1 - \cos 30) \\b_1 &= 0,45 \text{ m}\end{aligned}\tag{3.3}$$

Celková plocha průřezu náplně pásu

$$\begin{aligned}S_1 &= \frac{1}{6} \cdot b_1^2 \cdot \operatorname{tg} \psi_{dyn} \\S_1 &= \frac{1}{6} \cdot 0,45^2 \cdot \operatorname{tg} 18^\circ \\S_1 &= 0,011 \text{ m}^2\end{aligned}\tag{3.4}$$

$$\begin{aligned}S_2 &= \frac{1}{4} \cdot (b_1^2 - L_3^2) \cdot \operatorname{tg} \lambda_v \\S_2 &= \frac{1}{4} \cdot (0,45^2 - 0,2^2) \cdot \operatorname{tg} 30^\circ \\S_2 &= 0,0235 \text{ m}^2\end{aligned}\tag{3.5}$$

$$\begin{aligned}S &= S_1 + S_2 \\S &= \frac{1}{6} \cdot b_1^2 \cdot \operatorname{tg} \psi_{dyn} + \frac{1}{4} \cdot (b_1^2 - L_3^2) \cdot \operatorname{tg} \lambda_v \\S &= \frac{1}{6} \cdot 0,45^2 \cdot \operatorname{tg} 18^\circ + \frac{1}{4} \cdot (0,45^2 - 0,2^2) \cdot \operatorname{tg} 30^\circ \\S &= 0,0345 \text{ m}^2\end{aligned}\tag{3.6}$$

Dopravovaný písek je podáváný na skloněnou část dopravního pásu, proto je nutné „S“ násobit korekčním součinitelem. Pro ideální chod dopravníku dopravujícího částečně tříděnou hmotu můžeme předpokládat, že součinitel korekce vrcholku náplně pásu k_I je dán vztahem:

$$k_1 = \left(\frac{\cos^2 \varepsilon - \cos^2 \psi_{dyn}}{1 - \cos^2 \psi_{dyn}} \right)^{0,5}$$

$$k_1 = \left(\frac{\cos^2 17 - \cos^2 18}{1 - \cos^2 18} \right)^{0,5} \quad (3.7)$$

$$\underline{\underline{k_1 = 0,32}}$$

Korekční součinitel dopadu materiálu na skloněnou plochu

$$k = 1 - \frac{S_1}{S} \cdot (1 - k_1)$$

$$k = 1 - \frac{0,011}{0,0345} \cdot (1 - 0,32) \quad (3.8)$$

$$\underline{\underline{k = 0,783}}$$

Celková skutečná plocha průřezu náplně pásu

$$S_s = k \cdot S$$

$$S_s = 0,783 \cdot 0,0345 \quad (3.9)$$

$$\underline{\underline{S_s = 0,0276 \, m^2}}$$

3.3.4. Porovnání požadovaného a skutečného dopravního průřezu:

$$S_s \geq S_p$$

$$0,0276 > 0,0228 \Rightarrow \underline{\underline{VYHOVUJE}} \quad (3.10)$$

3.4. Pohybové odpory pásového dopravníku:

Stanovení hlavních odporů vychází ze zatížení pásového dopravníku. Toto zatížení je způsobené hmotností dopravovaného materiálu, hmotností dopravního pásu a rotujících částí dopravníku (válečky) připadající na 1 metr délky dopravníku.

3.4.1. Měrná hmotnost dopravovaného materiálu:

$$\begin{aligned}q &= \frac{Q}{3,6 \cdot v} \\q &= \frac{85}{3,6 \cdot 0,8} \\q &= 29,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}\end{aligned}\tag{3.11}$$

3.4.2. Měrná hmotnost rotujících částí válečků:

$$m_v = \frac{m_{vh} \cdot n_{vh}}{t_1} + \frac{m_{vs} \cdot n_{vs}}{t_2} = \frac{2,7 \cdot 3}{1,15} + \frac{7,8 \cdot 1}{4,56} = 8,75 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}\tag{3.12}$$

kde je:

$t_1 [m]$ – rozteč válečků v horní větvi $\Rightarrow t_1 = 1,15 \text{ m}$

$t_2 [m]$ – rozteč válečků ve spodní větvi $\Rightarrow t_2 = 4,56 \text{ m}$

3.4.3. Hlavní odpory:

Síla potřebná na překonání pohybových odporů dopravníku

$$\begin{aligned}F_H &= w \cdot L \cdot g \cdot [(q + 2 \cdot m_p) \cdot \cos \epsilon + m_v] \\F_H &= 0,019 \cdot 21,5 \cdot 9,81 \cdot [(29,5 + 2 \cdot 7,26) \cdot \cos 17 + 8,75] \\F_H &= 204 \text{ N}\end{aligned}\tag{3.13}$$

kde je:

$w [-]$ – globální součinitel pro dovrchní dopravu $\in \langle 0,018; 0,025 \rangle \Rightarrow$ volím $w = 0,019$

3.4.4. Síla potřebná na překonání dopravní výšky:

$$\begin{aligned}F_{DV} &= +q \cdot H \cdot g \\F_{DV} &= +q \cdot L \cdot \sin \epsilon \cdot g \\F_{DV} &= +29,5 \cdot 21,5 \cdot \sin 17 \cdot 9,81 \\F_{DV} &= 1820 \text{ N}\end{aligned}\tag{3.14}$$

3.4.5. Vedlejší odpory:

$$F_V = F_N + F_{OC} + F_{FC} + F_C + F_{BV} \quad (3.15)$$

kde je:

$$F_{OC} [N] - \text{odpor ohybu na bubnu} \in \langle 100 \div 250 \rangle \Rightarrow \text{volím } F_{OC} = 150 N$$

$$F_{FC} [N] - \text{odpor ložisek bubnu} \in \langle 50 \div 150 \rangle \Rightarrow \text{volím } F_{FC} = 75 N$$

Odpor setrvačných sil v místě nakládání v oblasti urychlování

$$F_N = S_s \cdot \rho \cdot (v - v_0) \quad (3.16)$$

$$F_N = 0,0276 \cdot 1850 \cdot (0,8 - 0)$$

$$\underline{\underline{F_N = 41 N}}$$

kde je:

$$v_0 [m.s^{-1}] - \text{složka rychlosti dopravované hmoty ve směru pohybu pásu} \Rightarrow v_0 = 0 m.s^{-1}$$

Minimální urychlovací délka

$$L_N = \frac{v^2 - v_0^2}{2 \cdot g \cdot \mu_B} \quad (3.17)$$

$$L_N = \frac{0,8^2 - 0}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,6}$$

$$\underline{\underline{L_N = 0,055 m}}$$

kde je:

$$\mu_B [-] - \in \langle 0,5; 0,7 \rangle \Rightarrow \text{volím } \mu_B = 0,6$$

Odpor od čističe pásu

$$F_C = n_C \cdot 30 \cdot B \cdot g \quad (3.18)$$

$$F_C = 0 \cdot 30 \cdot 0,6 \cdot 9,81$$

$$\underline{\underline{F_C = 0 N}}$$

kde je:

$n_c [-]$ – počet čističů pásu $\Rightarrow n_c = 0$

Odpor od bočního vedení

$$F_{BV} = \frac{\mu_B \cdot S_S^2 \cdot \rho \cdot g \cdot L_N}{\left(\frac{v + v_0}{2}\right)^2 \cdot b_1^2} \quad (3.19)$$

$$F_{BV} = \frac{0,6 \cdot 0,0276^2 \cdot 1850 \cdot 9,81 \cdot 0,055}{\left(\frac{0,8 + 0}{2}\right)^2 \cdot 0,45^2}$$

$$\underline{\underline{F_{BV} = 14,1N}}$$

Výsledné vedlejší odpory

$$F_V = F_N + F_{OC} + F_{FC} + F_C + F_{BV}$$

$$F_V = 41 + 150 + 75 + 0 + 14,1 \quad (3.20)$$

$$\underline{\underline{F_V = 280N}}$$

Obvodová síla potřebná na hnacím bubnu:

$$F = F_H + F_{DV} + F_V \quad (3.21)$$

$$F = 204 + 1820 + 280$$

$$\underline{\underline{F = 2304N}}$$

3.4.6. Návrh pohonu pásového dopravníku:

Potřebný provozní výkon pohonu pásového dopravníku

$$P = k_b \cdot \frac{F \cdot v}{1000 \cdot \eta} \quad (3.22)$$

$$P = 1,1 \cdot \frac{2304 \cdot 0,8}{1000 \cdot 0,95}$$

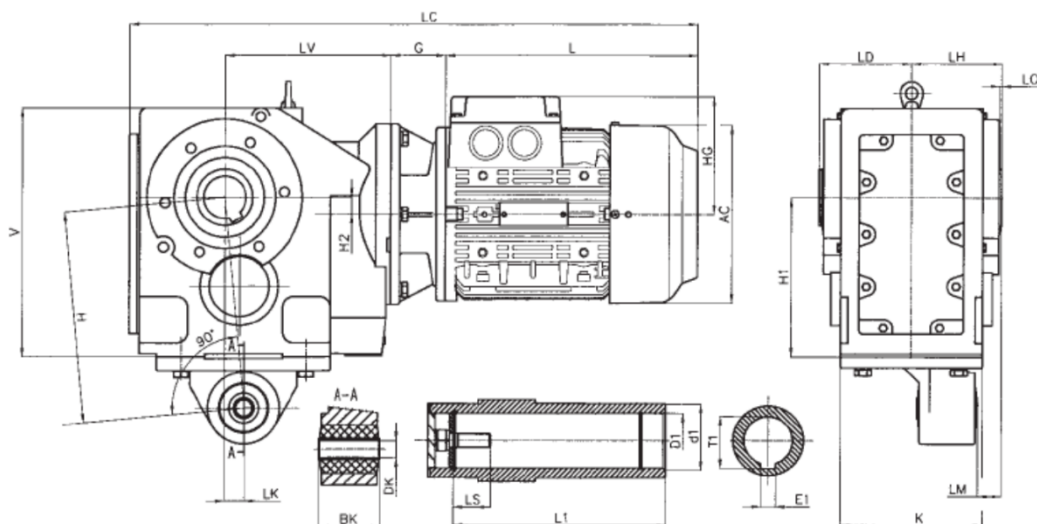
$$\underline{\underline{P = 2,13kW}}$$

kde je:

$n_e [-]$ – počet motorů $\Rightarrow n_e = 1$

Volím třífázový asynchronní brzděný motor s kotvou na krátko s integrovanou kotoučovou brzdou buzenou jednosměrným proudem.

Motor je kombinovaný s kuželočelní převodovkou 1LA7130-8AB. *Katalog výrobků: PSP Pohony [obr. 3.2].*



Obr. 3.2 Elektropohon – 1LA7130-8AB, zdroj: [16]

Tab. 3.4 Parametry pohonné jednotky pásového dopravníku

Jmenovitý výkon elektromotoru:	$P_M = 2,2 \text{ kW}$
Jmenovité otáčky elektromotoru:	$n_M = 1000 \text{ ot/min}$
Otáčky převodovky:	$n_P = 27,8 \text{ ot/min}$
Moment setrvačnosti elektromotoru:	$J_M = 0,0516 \text{ kg.m}^2$
Moment setrvačnosti převodovky:	$J_P = 0,007 \text{ kg.m}^2$
Převodový poměr:	$i_{ps} = 25$

Výpočtový převodový poměr převodovky

$$i_P = \frac{n_M}{60 \cdot v} \cdot \pi \cdot D_B \quad (3.23)$$

$$i_P = \frac{1000}{60 \cdot 0,8} \cdot \pi \cdot 0,35$$

$$\underline{\underline{i_P = 23}}$$

Jmenovitý moment elektromotoru

$$M_M = 9,55 \cdot \frac{P_M}{n_M}$$

$$M_M = 9,55 \cdot \frac{2200}{1000} \quad (3.24)$$

$$\underline{\underline{M_M = 21,01 Nm}}$$

3.4.7. Návrh bubnu:

Poháněcí buben

Poháněcí buben D $D_{B1} = 350 \text{ mm}$

Hmotnost $m_{B1} = 146,8 \text{ kg}$

Moment setrvačnosti bubnu

$$J_{B1} = \frac{\pi \cdot (D_{B1}^4 - d_{B1}^4) \cdot l_B \cdot \rho_O}{32}$$
$$J_{B1} = \frac{\pi \cdot (0,35^4 - 0,32^4) \cdot 0,66 \cdot 7850}{32} \quad (3.25)$$
$$\underline{\underline{J_{B1} = 2,3 \text{ kg} \cdot \text{m}^2}}$$

Vratný buben

Průměr bubnu D $D_{B2} = 350 \text{ mm}$

Hmotnost $m_{B2} = 126,3 \text{ kg}$

Moment setrvačnosti bubnu

$$J_{B2} = \frac{\pi \cdot (D_{B2}^4 - d_{B2}^4) \cdot l_B \cdot \rho_O}{32}$$
$$J_{B2} = \frac{\pi \cdot (0,35^4 - 0,33^4) \cdot 0,66 \cdot 7850}{32} \quad (3.26)$$
$$\underline{\underline{J_{B2} = 1,6 \text{ kg} \cdot \text{m}^2}}$$

3.4.8. Návrh spojky:

Přenášený krouticí moment

$$M_S = \frac{P_M}{2 \cdot \pi \cdot n_p}$$
$$M_S = \frac{2200}{2 \cdot \pi \cdot 27,8} \quad (3.27)$$
$$\underline{\underline{M_S = 12,6 \text{ Nm}}}$$

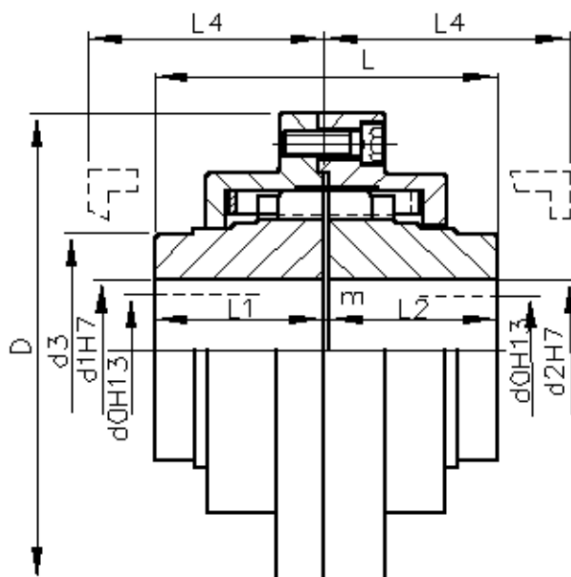
Výpočtový krouticí moment spojky

$$M_V = K \cdot M_S$$
$$M_V = 2,6 \cdot 12,6 \quad (3.28)$$
$$\underline{\underline{M_V = 32,76 \text{ Nm}}}$$

kde je:

$K [-]$ – převodový součinitel $\in \langle 2,6; 3,2 \rangle \Rightarrow$ volím $K = 2.6$

Mezi převodovku a poháněcí buben volím pružnou spojku **VPS 0,01** z katalogu firmy **PSP Pohony**. Moment setrvačnosti spojky: $J_s = 0,012 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ [obr. 3.3].



Obr. 3.3 Pružná spojka VPS 0,01 (schéma), zdroj: [16]

3.4.9. Kontrola dopravníku na rozběh:

$$M_{SM} = \frac{1}{n_e} \cdot F \cdot 0,5 \cdot D_B \cdot \frac{1}{\eta \cdot i_{ps}}$$

$$M_{SM} = 1 \cdot 2304 \cdot 0,5 \cdot 0,35 \cdot \frac{1}{0,95 \cdot 25}$$

$$\underline{\underline{M_{SM} = 16,98 Nm}}$$
(3.29)

$$M_{SM} < M_M \Rightarrow 16,98 < 21,01 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$
(3.30)

$$t_r [s] - \text{doba rozběhu} \in \langle 5; 15 \rangle \Rightarrow \text{volím } t_r = 5s$$

3.4.10. Kontrola dopravovaného množství:

Skutečná rychlost pásu

$$v_{sk} = \frac{i_p}{i_{ps}} \cdot v = \frac{23}{25} \cdot 0,8 = \underline{\underline{0,736 m \cdot s^{-1}}}$$
(3.31)

Skutečný dopravní výkon

$$\begin{aligned}Q_{vp} &= 3,6 \cdot S_s \cdot k_\phi \cdot \rho_s \cdot v_{sk} \\Q_{vp} &= 3,6 \cdot 0,0276 \cdot 0,7 \cdot 1850 \cdot 0,736 \\Q_{vp} &= 94,7 t \cdot h^{-1}\end{aligned}\tag{3.32}$$

Kontrola dopravovaného výkonu

$$\begin{aligned}Q_{rozdil} &= \left(1 - \frac{Q}{Q_{vp}}\right) \cdot 100 \\Q_{rozdil} &= \left(1 - \frac{90}{94,7}\right) \cdot 100 \\Q_{rozdil} &= 4,96\%\end{aligned}\tag{3.33}$$

Přepočítaná hodnota dopravního množství nepřesahuje povolenou hodnotu 5%, proto jsou zvolené komponenty **vyhovující**.

3.4.11. Kontrola dopravníku při brzdění:

Dynamický moment zátěže

$$\begin{aligned}M_{DM} &= \left[\frac{(q + 2 \cdot m_p + m_v) \cdot L \cdot 0,5 \cdot D_b \cdot \frac{1}{\eta \cdot i_{ps}} + \frac{2 \cdot \sum J_B}{D_B} \cdot \frac{1}{\eta \cdot i_{ps}}}{+ n_{BR} \cdot \frac{2 \cdot (J_P + J_S + J_M)}{D_B \cdot \eta}} \right] \cdot \frac{v_{sk}}{t_b} \\M_{DM} &= \left[\frac{(31,25 + 2 \cdot 7,26 + 8,75) \cdot 21,5 \cdot 0,5 \cdot 0,35 \cdot \frac{1}{0,95 \cdot 25} + \frac{2 \cdot (2,3 + 1,6)}{0,35} \cdot \frac{1}{0,95 \cdot 25}}{+ 1 \cdot \frac{2 \cdot (0,007 + 0,012 + 0,0516)}{0,35 \cdot 0,95}} \right] \cdot \frac{0,736}{5} \\M_{DM} &= 1,47 Nm\end{aligned}\tag{3.34}$$

kde je:

$\mu_{max} [-]$ – maximální účinnost poháněcí stanice $\in \langle 0,95;1 \rangle \Rightarrow volím \mu_{max} = 0,95$

$k_B [-]$ – součinitel bezpečnosti brzdy $\in \langle 1,3;2,1 \rangle \Rightarrow volím k_B = 1,3$

$n_{BR} [-]$ – počet brzd $\Rightarrow volím n_{BR} = 1$

$t_b [s]$ – doba brzdění dopravníku $\Rightarrow volím t_b = 5s$

Brzdny moment potrebný k zastavení dopravníku

$$M_{B1} = \frac{1}{n_B} \cdot \left[M_{DM} - (0,7 \cdot F_H + F_{DV} + F_V) \cdot 0,5 \cdot D_B \cdot \frac{\mu_{max}}{i_{ps}} \right] \cdot k_B \quad (3.35)$$

$$M_{B1} = \frac{1}{1} \cdot \left[1,47 - (0,7 \cdot 204 + 1820 + 280) \cdot 0,5 \cdot 0,35 \cdot \frac{0,95}{25} \right] \cdot 1,3$$

$$\underline{\underline{M_{B1} = -17,5 Nm}}$$

Brzdny moment potrebný k udržení dopravního pásu v klidu

$$M_{B2} = \frac{1}{n_B} \cdot \left[(-0,7 \cdot F_H + |F_{DV}| - F_V) \cdot 0,5 \cdot D_B \cdot \frac{\mu_{max}}{i_{ps}} \right] \cdot k_B$$

$$M_{B2} = \frac{1}{1} \cdot \left[(-0,7 \cdot 204 + |1820| - 280) \cdot 0,5 \cdot 0,35 \cdot \frac{0,95}{25} \right] \cdot 1,3 \quad (3.36)$$

$$\underline{\underline{M_{B2} = 12,1 Nm}}$$

Záporná hodnota znamená, dopravní pás se v klidové poloze nemůže rozběhnout.

Kontrola brzdy

$$M_{B1} \text{ i } M_{B2} \leq M_B \quad (3.37)$$

$$-17,5 \leq 40 \leq 12,1$$

Zvolena integrovaná bezpečnostní kotoučová brzda **vyhovuje** podmínce.

3.4.12. Tahy v dopravním páse:

$$F_{\max} = F \cdot k_s = 2304 \cdot 1,3 = \underline{\underline{2995,2N}} \quad (3.38)$$

$$F_o \geq F_{\max} \cdot \frac{1}{e^{\mu \cdot \alpha_G} - 1} \quad (3.39)$$

$$F_o \geq 2995,2 \cdot \frac{1}{e^{0,43,1416} - 1}$$

$$F_o \geq \underline{\underline{1191,6N}} \Rightarrow \text{volím} \quad F_o = 1300N$$

kde je:

$k_s [-]$ – koeficient bezpečnosti $\Rightarrow \text{volím } k_s = 1,3$

$\alpha_G [\text{rad}]$ – úhel opásání $\Rightarrow \text{volím } \alpha_G = \pi$

$\mu [-]$ – účinnost opásání $\Rightarrow \text{volím } \mu = 0,4$

3.4.13. Napínací síla:

Doprava směrem k pohonu

$$F_z \geq 2 \cdot (F_o - m_p \cdot L \cdot g \cdot \sin \varepsilon) \quad (3.40)$$

$$F_z \geq 2 \cdot (1300 - 7,26 \cdot 21,5 \cdot 9,81 \cdot \sin 17^\circ)$$

$$F_z \geq \underline{\underline{1704,6N}} \Rightarrow \text{volím} \quad F_z = 2000N$$

3.4.14. Skutečné tahy v dopravním páse:

Tah v dopravním páse v odbíhající větvi

$$F_{os} = 0,5 \cdot F_z + m_p \cdot L \cdot g \cdot \sin \varepsilon_c \quad (3.41)$$

$$F_{os} = 0,5 \cdot 2000 + 7,26 \cdot 21,5 \cdot 9,81 \cdot \sin 17^\circ$$

$$\underline{\underline{F_{os} = 1447,7N}}$$

Tah v dopravním páse v nabíhající větvi

$$\begin{aligned}F_{ns} &= 0,5 \cdot F_z + F + m_p \cdot L \cdot g \cdot \sin \varepsilon \\F_{ns} &= 0,5 \cdot 2000 + 2304 + 7,26 \cdot 21,5 \cdot 9,81 \cdot \sin 17^\circ \\F_{ns} &= 3751,7N\end{aligned}\tag{3.42}$$

3.4.15. Kontrola měrného tlaku mezi dopravním pásem a bubnem:

$$\begin{aligned}p &= \frac{F_{ns} + F_{os}}{D_B \cdot B} \cdot 10^{-6} \\p &= \frac{3751,7 + 1447,7}{0,35 \cdot 0,6} \cdot 10^{-6} \\p &= 0,0248MPa\end{aligned}\tag{3.43}$$

$$p_{DOV} = 0,15 MPa$$

$$p < p_{DOV}\tag{3.44}$$

$$0,0248 \leq 0,15 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

3.4.16. Pevnostní kontrola dopravního pásu:

$$\begin{aligned}F_{DOV} &= \sigma_{DOV} \cdot B \geq T_{\max} \\T_{\max} &= F_{ns} = 3751,7N \\F_{DOV} &= 40 \cdot 600 \geq 24000N \\24000 &\geq 3,751,7\end{aligned}\tag{3.45}$$

Dopravní pás **unese** dané zatížení.

3.4.17. Zhodnocení konstrukčního návrhu dopravní trasy:

Výše uvedený výpočet je pouze příkladem výpočtu prvního pásového dopravníku. Ostatní výpočty pásových dopravníků jsem uvedl do přílohy v tabulkovém formátu programu Microsoft Office Excel 2007 uloženým pod názvem *Výkonnostní výpočty.XLSX* viz. (příloha E)

Při návrhu dopravní trasy podle normy ČSN ISO 5048 všechny kontrolované a vypočítané součásti vyhovují podmínkám této normy. Při návrhu jsem přihlížel na zásady návrhu pásových dopravníků.

Konstrukce pásových dopravníků je z nosníkové příhradové konstrukce střídavě trubkové a profilové, spojené především šroubovanými spoji. Doprava těženého materiálu je zajištěna pomocí gumových dopravních pásů různých šířek a to: $B = 500 \div 650 \text{ mm}$ z katalogu **Gumex**.

Horní a spodní válečkovou stolicí volím z katalogu firmy **Tranza a.s.** Jelikož konstrukce všech dopravníků není sjednocena a požadované dopravované množství je různé, proto jsou zvoleny válečkové stolice jak tříválečkového, tak dvouválečkového typu.

Poháněcí stanice tvoří elektromotor s kuželočelní převodovkou z katalogu firmy **PSP Pohony [obr. 3.2]**. Mezi převodovkou a bubnem je pružná spojka typu VPS z katalogu firmy **PSP Pohony [obr. 3.3]**. Hnací bubny jsou uloženy v ložiskových domech typu UCP. Hnací buben se skládá z obrobeného pláště a dvou hřídelí, je volen z katalogu firmy **Tranza a.s.**

4. Teoretický výpočet dopravní výkonnosti vibračního třídiče:

4.1. Z technických podmínek vibračního třídiče:

Tab. 4.1 Technické parametry vibračního třídiče

Maximální tříděné množství písku	$Q_{MAX} = 90 t \cdot h^{-1}$
Délka třídící plochy	3 000 mm
Celková délka třídiče	3 800 mm
Šířka třídící plochy	1 000 mm
Budič	1x NA56
Napětí a kmitočet sítě	3x 400V/50 Hz
Jmenovitý příkon	$P = 2,7 \text{ kW}$
Pracovní frekvence	$f = 16 \text{ Hz}$
Kmitající hmotnost	970 kg
Celková hmotnost	900 kg
Statické zatížení pod jednou přední	3 600 N
Statické zatížení pod jednou zadní	1 150 N
Sítová plocha – ocelové drátěné síto 990x	oko 10x10 mm,
Úhel sklonu dopravníku	$\beta = 20^\circ$

4.2. Výpočet vibračního třídiče:

4.2.1. Úhlová frekvence kmitání:

$$\begin{aligned}\varpi &= (2\pi \cdot f) \\ \varpi &= (2\pi \cdot 16) \\ \underline{\underline{\varpi &= 100,53 \cdot s^{-1}m}}\end{aligned}\tag{4.1}$$

4.2.2. Výpočet amplitudy:

$$\begin{aligned}A &= \frac{K_V \cdot g \cdot \cos \beta}{\varpi^2 \cdot \sin(\alpha + \beta)} \\ A &= \frac{3,5 \cdot 9,81 \cdot \cos 20}{(2\pi \cdot 16)^2 \cdot \sin(30 + 20)} \\ \underline{\underline{A &= 4,17 \cdot 10^{-3} m}}\end{aligned}\tag{4.2}$$

kde je:

$K_V [-]$ – Technologický koeficient $\in \langle 3,3;4 \rangle \Rightarrow$ volím $K_V = 3,5$

4.2.3. Kontrola pevnosti konstrukce:

$$\begin{aligned}K_P &= \frac{A \cdot \varpi^2}{g} \\ K_P &= \frac{4,17 \cdot 10^{-3} \cdot (2 \cdot \pi \cdot 16)^2}{9,81} \\ \underline{\underline{K_P &= 4,29}}\end{aligned}\tag{4.3}$$

$$K_P \leq 8 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

4.2.4. Hodnota $\sin \varpi_{IL}$:

$$\begin{aligned}\sin \varpi_{IL} &= \frac{1}{K_V} \\ \sin \varpi_{IL} &= \frac{1}{3,5} = \underline{\underline{0,286}}\end{aligned}\tag{4.4}$$

4.2.5. Výpočet postupové rychlosti materiálu:

$$v = \frac{g \cdot \cos \alpha}{\varpi \cdot \sin \alpha} \cdot \sqrt{\frac{K_v - 1}{2} \cdot (K_v^2 - 1)} + A \cdot \cos \alpha \cdot \frac{\varpi}{2\pi} \cdot \left\{ \frac{1}{K_v} - \sin \left[\varpi t_L + \left(\pi \sqrt{2(K_v - 1)} \right) \right] \right\} \quad (4.5)$$

$$v = \frac{9,81 \cdot \cos 30}{(2 \cdot \pi \cdot 16) \cdot \sin 30} \cdot \sqrt{\frac{3,5 - 1}{2} \cdot (3,5^2 - 1)} + 4,17 \cdot 10^{-3} \cdot \cos 30 \cdot \frac{(2 \cdot \pi \cdot 16)}{2\pi} \cdot \left\{ \frac{1}{3,5} - \sin \left[0,286 + \left(\pi \sqrt{2(3,5 - 1)} \right) \right] \right\}$$

$$\underline{\underline{v = 0,64 \text{ m / s}}}$$

4.2.6. Teoretický dopravní výkon vibračního třídiče:

$$Q = 3,6 \cdot b \cdot h \cdot v \cdot \rho_s \cdot \psi \quad (4.6)$$

$$Q = 3,6 \cdot 1 \cdot 0,03 \cdot 0,64 \cdot 1850 \cdot 0,8$$

$$\underline{\underline{Q = 102 \text{ t / h}}}$$

kde je:

$\psi [-]$ – koeficient rozvolnění $\in \langle 0,5; 0,9 \rangle \Rightarrow \text{volím } \psi = 0,8$

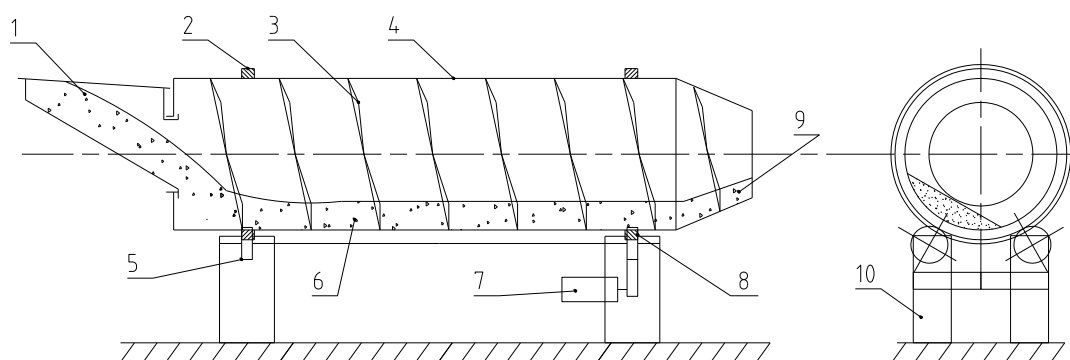
Výsledný dopravní výkon je spíše teoretický, proto do dopravního schématu a výsledné optimalizace celku třídící linky štěrkopísku Kratonohy zahrnuji hodnoty určené výrobcem.

Vibrační třídiče jsou zakoupeny od společnosti **Vibros s.r.o.**, kde součástí dodaných jednotlivých vibračních třídičů jsou i technické zprávy, ze kterých získáme veškeré základní parametry. Tyto zprávy také příkládám formou přílohy ve formátu pdf. [příloha A-D], proto v předchozí části jsem uvedl opět pouze příklad jednoho výpočtu třídiče a to výkonnostního.

5. Kapacitní výpočet bubnového třídiče:

Je to tzv. dopravní trubka se šroubovitou spirálou, která má uvnitř navařeny spirálové pláty. Tělo trubky je vedeno v soustavě kladek a pomocí prstenců po obvodu trubky. Pohon je proveden elektromotorem, který pomocí soustavy ozubených kol pohání jeden pár poháněcích kladek. Materiál se při vstupu promíchá s přídatnou vodou a v místě výstupu je oddělen na dvě frakce:

- jemný písek s vodou
- štěrk



Obr. 5.1 Schéma bubnového třídiče, zdroj: Vlastní schéma

Legenda:

1. plnicí místo, 2. nákolky bubnu, 3. spirálová žebra, 4. dopravní válec, 5. kladky, 6. dopravovaný materiál, 7. pohon, 8. vedení bubnu, 9. vycházející materiál, 10. rám bubnu,

5.1. Z technických podmínek bubnového třídiče:

Tab. 5.1 Parametry bubnového třídiče

Maximální tříděné množství štěrkopísku	$Q_{MAX} = 30 \text{ t.h}^{-1}$
Délka bubnu	$L_{BI} = 3500 \text{ mm}$
Průměr bubnu	$D_B = 1000 \text{ mm}$
Průměr opěrného věnce bubnu	$D_{on} = 1100 \text{ mm}$
Tíha bubnu	$G_B = 800 \text{ kg}$
Otáčky bubnu	$n_B = 20 \text{ ot/min}$

Rozteč šroubovice	$s = 0,5 \text{ m}$
Počet párů opěrných kladek	$z_p = 2$
Úhel opěrných kladek	$\alpha_0 = 30^\circ$
Úhel sklonu třídiče	$\beta = 0^\circ$

5.2. Dle materiálu pro bubnový třídič:

Tab. 5.2 Technické parametry pro bubnový třídič

Zrnitost šterkopísku	$d = 0 - 32 \text{ mm}$
Sypná hmotnost	$\rho_s = 1850 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
Přirozený sypný úhel	$\alpha_P = 40^\circ$
Úhel vnitřního tření	$\varphi = 37^\circ$
Součinitel tření	$f_v = 0,35$

5.3. Teoretický výpočet dopravního výkonu bubnového třídiče:

5.3.1. Úhlová rychlost bubnu:

$$\begin{aligned}\omega &= 2 \cdot \pi \cdot n_B \\ \omega &= 2 \cdot \pi \cdot \frac{20}{60} \\ \omega &= 2,1 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}\end{aligned}\tag{5.1}$$

5.3.2. Rychlost pohybu materiálu:

$$\begin{aligned}v_m &= D_B \cdot \omega \cdot \text{tg} \frac{\delta}{2} = \frac{s \cdot \omega}{2 \cdot \pi} \\ v_m &= \frac{0,5 \cdot 2,1}{2 \cdot \pi} \\ v_m &= 0,17 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}\end{aligned}\tag{5.2}$$

5.3.3. Teoretická dopravní kapacita:

$$Q_T = 3,6 \cdot \frac{\pi \cdot D_B}{4} \cdot \rho_S \cdot \psi \cdot v_m \quad (5.3)$$

$$Q_T = 3,6 \cdot \frac{\pi \cdot 1}{4} \cdot 1850 \cdot 0,2 \cdot 0,17$$

$$\underline{\underline{Q_T = 178t \cdot h^{-1}}}$$

kde je:

$\psi [-]$ – koeficient rozvolnění $\in \langle 0,2;0,3 \rangle \Rightarrow volím \psi = 0,2$

5.3.4. Podmínka otáček bubnu:

$$n_B = 20 \div \frac{3}{\sqrt{D_B}} = \frac{3}{\sqrt{1}} \quad (5.4)$$

$$n_B = 20 \div 3$$

$$20 \geq n_B \geq 3 \Rightarrow 20 \geq 20 \geq 3 \Rightarrow VYHOVUJE$$

5.4. Odpory bubnového třídiče:

5.4.1. Výpočet hmotnosti dopravovaného materiálu v bubnu:

$$G_{MB} = V_B \cdot \rho_S \cdot \phi_V \quad (5.5)$$

$$G_{MB} = 0,0928 \cdot 1850 \cdot 1,3$$

$$\underline{\underline{G_{MB} = 225kg}}$$

kde je:

$\phi_V [-]$ – koeficient přídavné vody $volím \phi_V = 1,3$

5.4.2. Skutečný průřez bubnu:

$$S_B = \frac{Q_{SKUT}}{3,6 \cdot \rho_S \cdot v_m} \quad (5.6)$$
$$S_B = \frac{30}{3,6 \cdot 1850 \cdot 0,17}$$
$$\underline{\underline{S_B = 0,0265 m^2}}$$

Kde je:

Vycházím z předpokladu, že $Q_{SKUT} = 30 t/h$, je hodnota udaná výrobcem.

5.4.2.1. Úhel výseče ve stupních:

$$S_B = \frac{1}{2} \cdot r^2 \cdot \left(\frac{\pi}{180} \cdot \alpha_u - \sin \alpha_u \right) \quad (5.7)$$

po úpravě

$$\frac{2 \cdot S_B}{r^2} = \left(\frac{\pi}{180} \cdot \alpha_u - \sin \alpha_u \right)$$

$$\frac{2 \cdot 0,0265}{0,5^2} = \left(\frac{\pi}{180} \cdot \alpha_u - \sin \alpha_u \right)$$

po dosazení

$$0,212 = \left(\frac{\pi}{180} \cdot \alpha_u - \sin \alpha_u \right)$$

$$\underline{\underline{\alpha_u = 63,5^\circ}}$$

5.4.2.2. Délka tětivy úseče:

$$t_B = 2 \cdot r \cdot \sin \frac{\alpha_u}{2}$$

$$t_B = 2 \cdot 0,5 \cdot \sin \frac{63,5^\circ}{2} \quad (5.8)$$

$$\underline{\underline{t_B = 0,526 m}}$$

5.4.2.3. Délka oblouku úseče:

$$\begin{aligned}L_B &= \frac{\pi}{180} \cdot r \cdot \alpha_u \\L_B &= \frac{\pi}{180} \cdot 0,5 \cdot 63,5^\circ \\L_B &= 0,554m\end{aligned}\tag{5.9}$$

5.4.2.4. Výška materiálu v bubnu:

$$\begin{aligned}h_B &= \frac{2 \cdot S_B - (r \cdot L_B)}{t_B} + r \\h_B &= \frac{2 \cdot 0,0265 - (0,5 \cdot 0,554)}{0,526} + 0,5 \\h_B &= 0,074m\end{aligned}\tag{5.10}$$

5.4.2.5. Celkový objem materiálu v bubnu:

$$\begin{aligned}V_B &= S_B \cdot L_{B1} \\V_B &= 0,0265 \cdot 3,5 \\V_B &= 0,0928m^3\end{aligned}\tag{5.11}$$

5.4.3. Síla od tíhy rotačního válce na kladku:

$$\begin{aligned}F_G &= \frac{G_{MB} + G_B}{2 \cdot z_p \cdot \cos \alpha_0} \\F_G &= \frac{225 + 800}{2 \cdot 2 \cdot \cos 30^\circ} \\F_G &= 295N\end{aligned}\tag{5.12}$$

5.4.4. Krouticí moment, nutný k překonání odporu opěrných válečků:

$$\begin{aligned}M_k &= F_G \cdot z_p \cdot D_{on} \cdot w_o \\M_k &= 295 \cdot 2 \cdot 1,1 \cdot 0,9 \\M_k &= 584Nm\end{aligned}\tag{5.13}$$

kde je:

$w_o[-]$ – koeficient odporu ložiska kladky $\in \langle 0,8;0,95 \rangle \Rightarrow$ volím $w_o = 0,9$

5.4.5. Třecí síla materiálu o stěny bubnu:

$$\begin{aligned}F_{tř} &= G_{MB} \cdot f_v \cdot \cos \alpha_v \\F_{tř} &= 225 \cdot 0,35 \cdot \cos 37^\circ \\F_{tř} &= 63N\end{aligned}\tag{5.14}$$

5.4.6. Třecí moment:

$$\begin{aligned}M_{tř} &= F_{tř} \cdot \frac{D_B}{2} \\M_{tř} &= 63 \cdot \frac{1}{2} \\M_{tř} &= 31,5N\end{aligned}\tag{5.15}$$

5.4.7. Výkon pohonu bubnu:

$$\begin{aligned}P_M &= (M_k + M_{tř}) \cdot \omega \pm \frac{g \cdot Q \cdot h}{3600} \\P_M &= (584 + 31,5) \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{20}{60} + \frac{9,81 \cdot 30 \cdot 0,074}{3600} \\P_M &= 1,3kW \leq 1,5kW \Rightarrow \text{VYHOVUJE}\end{aligned}\tag{5.16}$$

5.4.8. Zhodnocení výpočtu dopravní kapacity bubnového třídiče:

Při výpočtu dopravní kapacity bubnového třídiče jsem vycházel z hodnot výrobce. Uvedené výpočty jsou pouze orientační, jelikož jsem byl značně omezen činností stroje a obtížnou dostupností k naměřeným hodnotám.

Nosná konstrukce bubnového třídiče je z nosníkové příhradové konstrukce skládající se z různých profilů.

Poháněcí stanici tvoří elektromotor s kuželočelní převodovkou. Pohon mezi převodovkou a poháněcími kladkami je pomocí řetězu a řetězových kol. Třídící buben je tedy veden jedním párem poháněcích kladek a jedním párem opěrných kladek. Tyto kladky vedou buben po dvou opěrných věncích s nákolky zajišťujícími axiální posun.

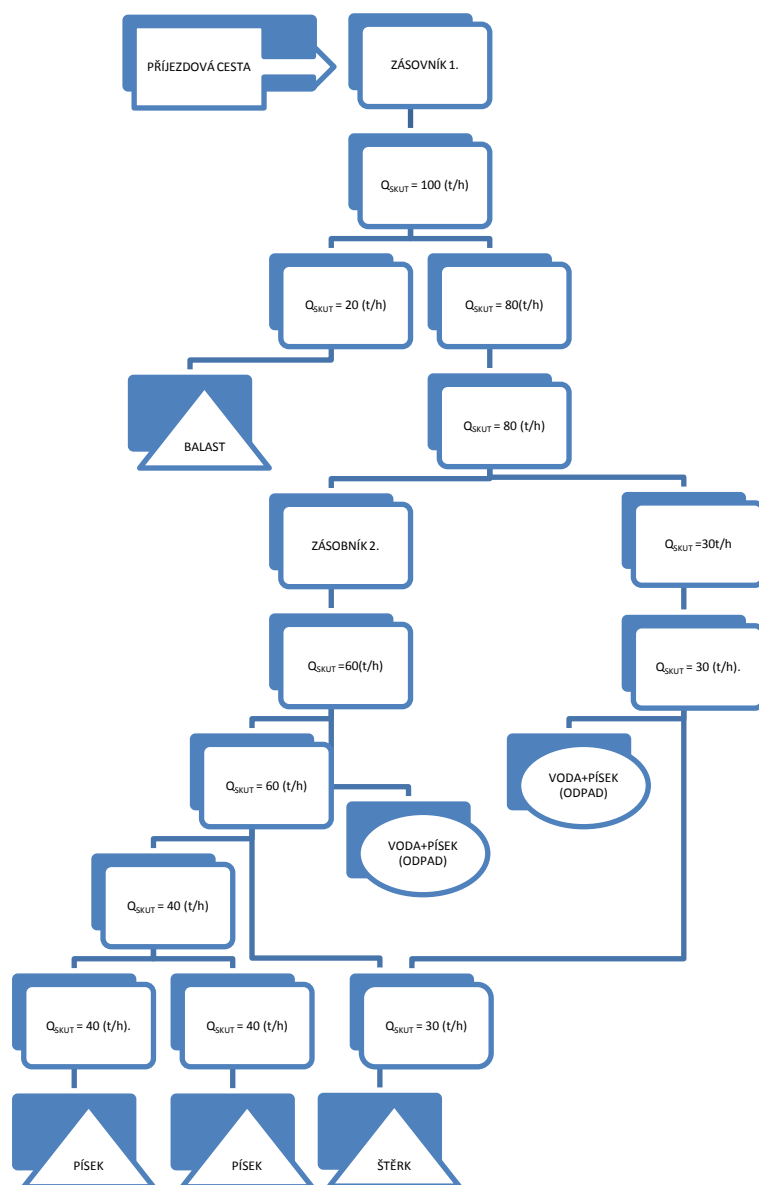
Uvedený výpočet jsem převzal z materiálů od Ing. Daniela Zubíka. Zdroj: [10]

6. Výsledná optimalizace:

V následující části budu porovnávat výkonnosti jednotlivých součástí linky s údaji získanými od zadavatele, údaji od výrobce a v neposlední řadě hodnotami získanými z mých výpočtů.

Cílem je určit místo, kritický bod, kde je linka jako celek oslabena.

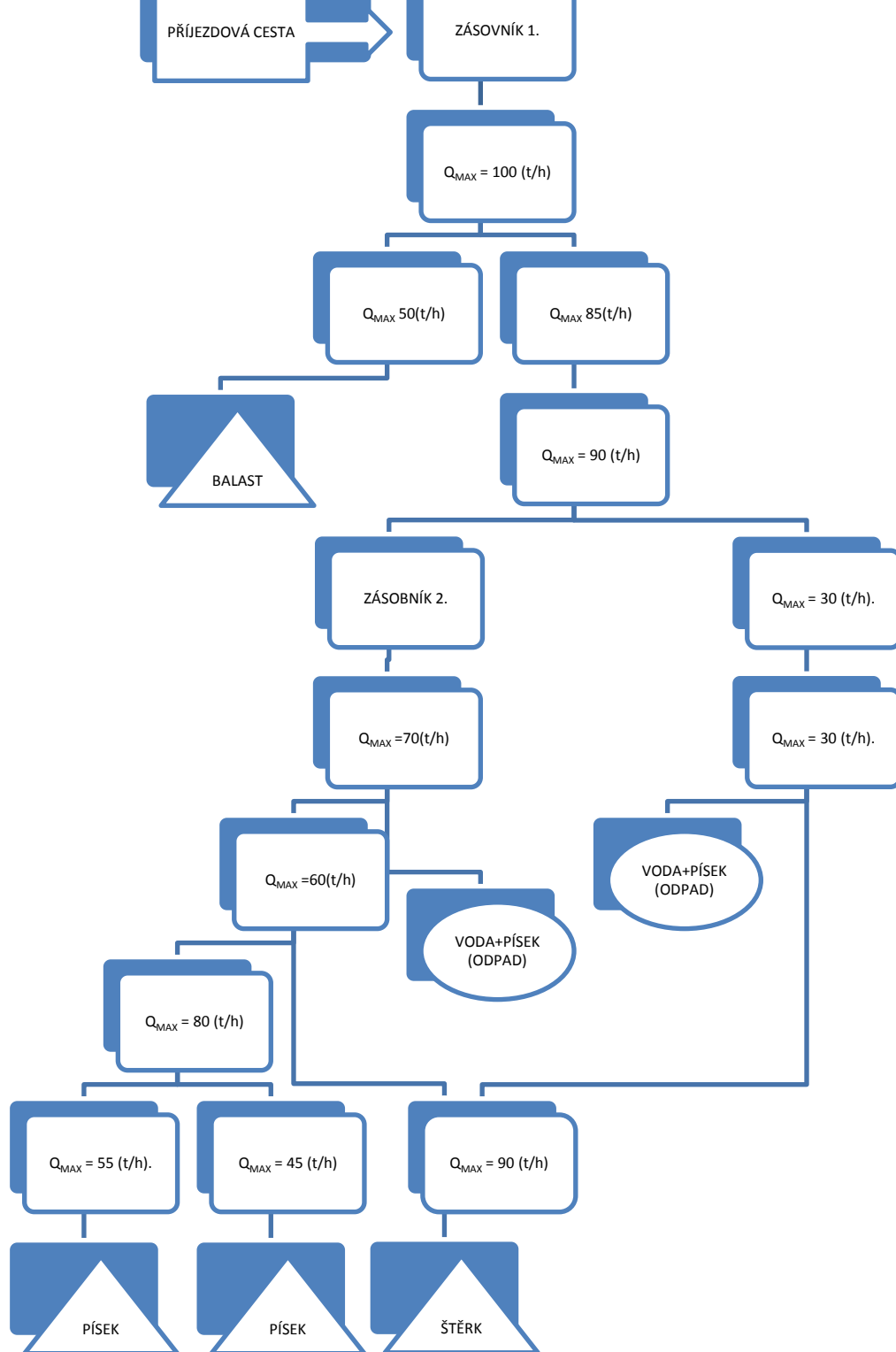
6.1. Výkonnostní schéma Q_{SKUT} podle zadavatele:



Obr. 6.1 Výkonnostní schéma podle zadavatele, zdroj: Vlastní schéma

6.2. Výkonnostní schéma Q_{MAX} :

Page 10 of 10



List 61

6.3. Tabulkové porovnání:

Z předchozích dvou schémat budu vycházet a následně tyto dopravní výkonnosti porovnáám formou tabulek.

Jak jde vidět z předchozích schémat jednotlivé trasy se navzájem propojují, proto jsem jednotlivé trasu rozdělil pro větší zřetelnost.

Třídící linka štěrkopísku

Tab. 6.1 Výkonnostní tabulka jednotlivých částí

Zařízení	B (m)	Q _{SKUT.} (t/h)	Q _{MAX} (t/h)	P _{SKUT.} (kW)	P _{MAX} (kW)	V (m/s)
Zásobník č. 1	0,5	—	—	—	—	—
Zásobník č. 2	0,4	—	—	—	—	—
Pračka štěrku	ø1	30	30	1,3	1,5	0,17
Vibrační třídič č. 1	0,5	100	100	—	2x2,7	0,6
Vibrační třídič č. 2	1	80	90	—	2,7	0,6
Vibrační třídič č. 3	0,85	60	60	—	2x2,2	0,6
Vibrační třídič č. 4	0,53	30	30	—	2x1,1	0,6
Pásový dopravník č. 1	0,6	20	50	0,8	1,5	0,8
Pásový dopravník č. 2	0,6	80	85	2	2,2	0,8
Pásový dopravník č. 3	0,5	60	70	1,1	1,5	0,8
Pásový dopravník č. 4	0,5	40	80	0,3	1,5	0,8
Pásový dopravník č. 5	0,65	40	55	1,2	1,5	0,8
Pásový dopravník č. 6	0,5	30	90	0,6	1,5	0,8
Pásový dopravník č. 7	0,65	40	45	1,4	1,5	0,8

Větev pro balast

Tab. 6.2 Výkonnostní tabulka větve pro balast

Zařízení	B (m)	Q _{SKUT.} (t/h)	Q _{MAX} (t/h)	P _{SKUT.} (kW)	P _{MAX} (kW)	V (m/s)
Zásobník č. 1	0,5	—	—	—	—	—
Vibrační třídič č. 1	0,5	100	100	—	2x2,7	0,6
Pásový dopravník č. 1	0,6	20	50	0,8	1,5	0,8

První větev pro písek

Tab. 6.3 Výkonnostní tabulka první větve pro písek

Zařízení	B (m)	Q _{SKUT.} (t/h)	Q _{MAX} (t/h)	P _{SKUT.} (kW)	P _{MAX} (kW)	V (m/s)
Zásobník č. 1	0,5	—	—	—	—	—
Vibrační třídič č. 1	0,5	100	100	—	2x2,7	0,6
Pásový dopravník č. 2	0,6	80	85	2	2,2	0,8
Vibrační třídič č. 2	1	80	90	—	2,7	0,6
Zásobník č. 2	0,4	—	—	—	—	—
Pásový dopravník č. 3	0,5	60	70	1,1	1,5	0,8
Vibrační třídič č. 3	0,85	60	60	—	2x2,2	0,6
Pásový dopravník č. 4	0,5	40	80	0,3	1,5	0,8
Pásový dopravník č. 5	0,65	40	55	1,2	1,5	0,8

Druhá větev pro písek

Tab. 6.4 Výkonnostní tabulka druhé větve pro písek

Zařízení	B (m)	Q _{SKUT.} (t/h)	Q _{MAX} (t/h)	P _{SKUT.} (kW)	P _{MAX} (kW)	V (m/s)
Zásobník č. 1	0,5	—	—	—	—	—
Vibrační třídič č. 1	0,5	100	100	—	2x2,7	0,6
Pásový dopravník č. 2	0,6	80	85	2	2,2	0,8
Vibrační třídič č. 2	1	80	90	—	2,7	0,6
Zásobník č. 2	0,4	—	—	—	—	—
Pásový dopravník č. 3	0,5	60	70	1,1	1,5	0,8
Vibrační třídič č. 3	0,85	60	60	—	2x2,2	0,6
Pásový dopravník č. 4	0,5	40	80	0,3	1,5	0,8
Pásový dopravník č. 7	0,65	40	45	1,4	1,5	0,8

První větev pro štěrk

Tab. 6.5 Výkonnostní tabulka první větve pro štěrk

Zařízení	B (m)	Q _{SKUT.} (t/h)	Q _{MAX} (t/h)	P _{SKUT.} (kW)	P _{MAX} (kW)	V (m/s)
Zásobník č. 1	0,5	—	—	—	—	—
Vibrační třídič č. 1	0,5	100	100	—	2x2,7	0,6
Pásový dopravník č. 2	0,6	80	85	2	2,2	0,8
Vibrační třídič č. 2	1	80	90	—	2,7	0,6
Pračka štěrku	ø1	30	30	1,3	1,5	0,17
Vibrační třídič č. 4	0,53	30	30	—	2x1,1	0,6
Pásový dopravník č. 6	0,5	30	90	0,6	1,5	0,8

Druhá větev pro šterk

Tab. 6.6 Výkonnostní tabulka druhé větve pro šterk

Zařízení	B (m)	$Q_{SKUT.}$ (t/h)	Q_{MAX} (t/h)	$P_{SKUT.}$ (kW)	P_{MAX} (kW)	V (m/s)
Zásobník č. 1	0,5	—	—	—	—	—
Vibrační třídič č. 1	0,5	100	100	—	2x2,7	0,6
Pásový dopravník č. 2	0,6	80	85	2	2,2	0,8
Vibrační třídič č. 2	1	80	90	—	2,7	0,6
Zásobník č. 2	0,4	—	—	—	—	—
Pásový dopravník č. 3	0,5	60	70	1,1	1,5	0,8
Vibrační třídič č. 3	0,85	60	60	—	2x2,2	0,6
Pásový dopravník č. 6	0,5	30	90	0,6	1,5	0,8

6.3.1. Optimalizace linky:

Z tabulek 6.3 a 6.4 je patrné, že koncové dopravníky tj. *pásový dopravník č. 5* a *pásový dopravník č. 7* mají oproti předchozím zařízením podstatně menší dopravní kapacitu.

V tomto případě optimalizace spočívá v mírném navýšení dopravní výkonnosti *pásových dopravníků č. 5 a 7*. Navýšení můžeme docílit například zvýšením rychlosti pásu, nebo zvýšením výkonu motoru atd.

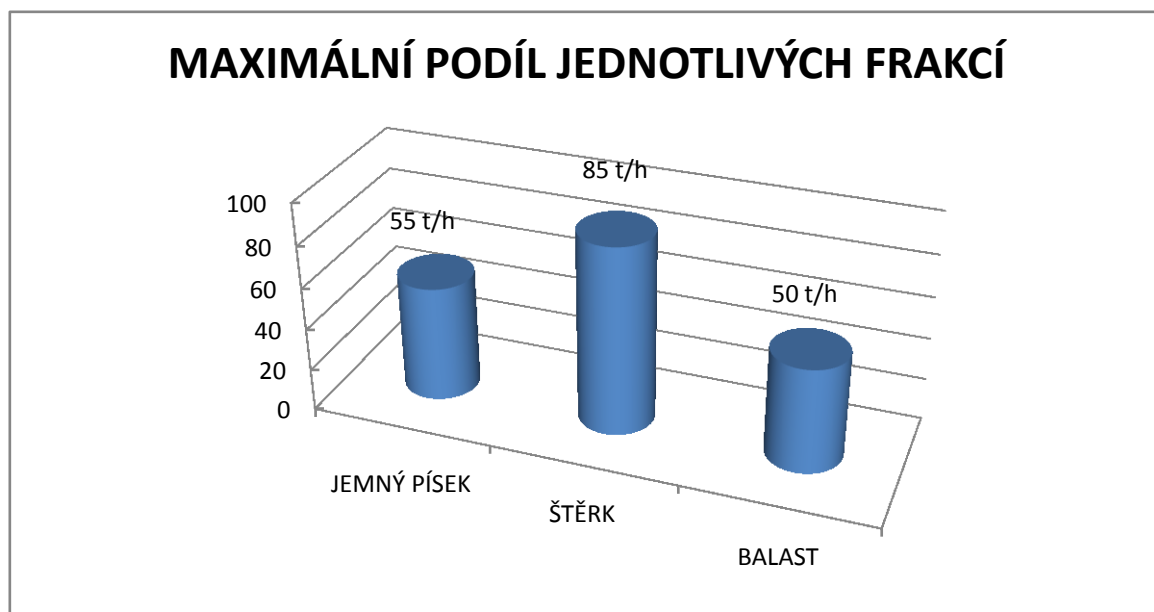
Pokud bychom optimalizovali dopravní výkony pásových dopravníků 5 a 7, na výkon $Q_{MAX} = 60 \text{ t/h}$, zvýšila by se propustnost frakce **jemného písku** v obou větvích pro písek:

» V případě navýšení výkonu pásového dopravníku č. 5 na $Q_{MAX} = 60 \text{ t/h}$, by se zvýšila propustnost linky o **9%**.

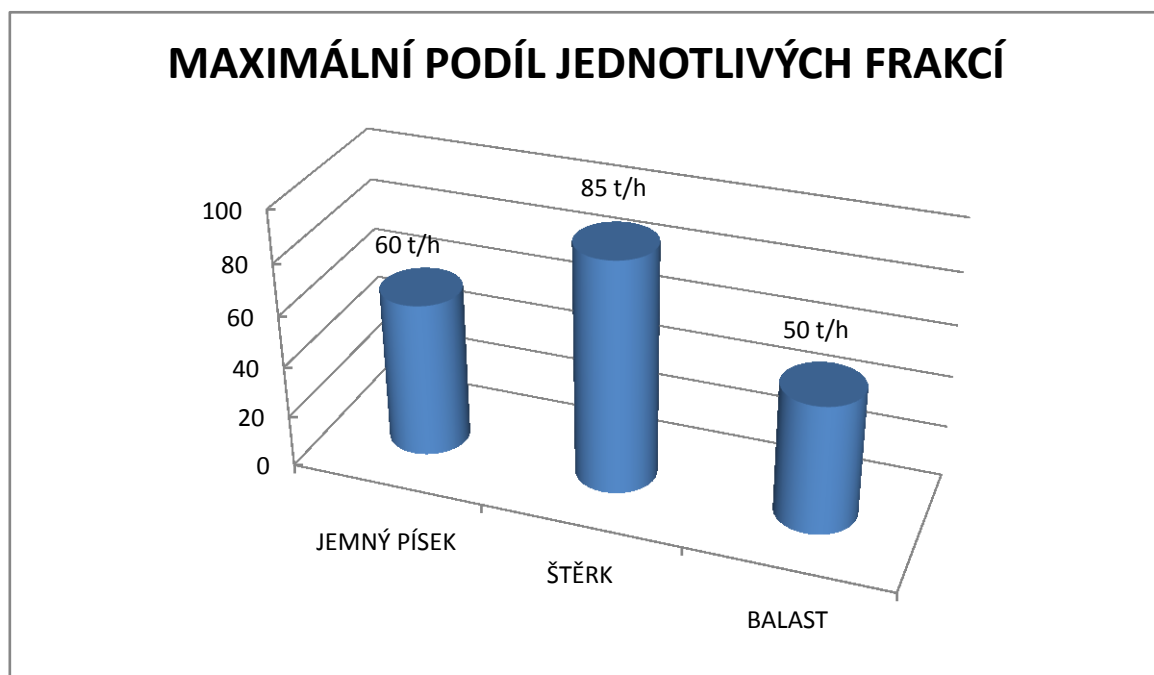
» V případě navýšení výkonu pásového dopravníku č. 7 na $Q_{MAX} = 60 \text{ t/h}$, by se zvýšila propustnost linky o **33%**.

6.4. Podíly jednotlivých frakcí:

V následujících grafech jsem chtěl zobrazit podíly jednotlivých frakcí, které zobrazují propustnost jednotlivých frakcí.



Graf. 6.1 Maximální propustnosti jednotlivých frakcí



Graf. 6.2 Maximální propustnosti jednotlivých frakcí po optimalizaci

7. Závěr:

V diplomové práci jsem se zabíral návrhem systému dopravní trasy ve vodní pískovně Kratonohy, a to pro maximální hodinový těžební výkon od vstupního vyrovnávacího zásobníku $Q = 100 \text{ t.hod}^{-1}$. Úvodem jsem se věnoval problematice těžby písku z prostoru jak pod vodní hladinou, tak z prostoru mimo vodní hladinu, což je základní předpoklad získání tzv. surového písku. Následně jsem podrobně popsal základní technologie třídění štěrkopísku do různých frakcí.

Před konstrukčními výpočty třídící trasy jsem krátce popsal stávající stav a dopravní kapacity třídící linky štěrkopísku Kratonohy, přičemž jsem vycházel z hodnot získaných od zadavatele.

Na začátku konstrukčního návrhu jsem uvedl příklad výpočtu jednoho ze sedmi pásových dopravníků podle normy ČSN ISO 5048. V další části návrhu jsem kapacitně vypočetl opět pouze jeden ze čtyř vibračních třídíčů, které byly zakoupeny od společnosti *Vibros s.r.o.* viz. Technická dokumentace jednotlivých třídíčů [*příloha A-D*]). Předchozí výpočty jsem dodal také formou [*přílohy E*], kde jsem doložil zbývající propočtená zařízení. Závěrem konstrukčního návrhu jsem také provedl kapacitní a pevnostní výpočet bubnového třídíče pro frakci hrubého štěrku.

Po potřebných technologických výpočtech jsem následně porovnal hodnoty zadavatele, což je dopravní kapacita skutečná oproti dopravní kapacitě maximální a vypracoval jsem kapacitní schémata propustnosti pro jednotlivé frakce materiálu. Tyto kapacity jsem následně zavedl formou tabulek do čtyř základních částí, ze kterých jednoznačně vyplývají kritická místa třídící linky štěrkopísku Kratonohy.

Poslední nedílnou a hlavní součástí diplomové práce je sestavný výkres, ke kterému jsem dodal všechny jeho podsoučásti celé třídící linky štěrkopísku Kratonohy. [*Příloha SN2KID01-000 / 014*].

Na tomto místě bych rád ještě vyjádřit svoje poděkování Doc. Ing. Leopoldovi Hrabovskému, Ph.D. a Ing. Liborovi Blaščkovi za jejich cenné připomínky a ochotu při vedení mé diplomové práce.

8. Seznam použité literatury:

Monografie

- (1) KOHN, Vlastimil: *Těžba štěrkopísku z vody*. 1. vydání. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1980. 171 s. ISBN 1537-80.

- (2) LIVEČKA, E., MELZER, L.: *Vodní bagrování*. Praha: SNTL Praha, 1964, 304 str.

- (3) ŽÁDNÍK, Břetislav: *Stavba a opravy lodí*. 1. vydání. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1980. 464 s. ISBN 31-021-80.

- (4) POLÁK, J., BAILOTTI, K., PAVLISKA, J., HRABOVSKÝ, L.: *Dopravní a manipulační zařízení II*. Ostrava: ES VŠB TUO. 2003. 109 str., ISBN 80-248-0493-X.

- (5) JASÁŇ, V.: *Teória a stavba dopravníkov*. Bratislava: ALFA Bratislava 1984. 336 str.

- (6) JASÁŇ, V.: *Teória dopravných a manipulačných zariadení*. Bratislava: ALFA Bratislava 1983. 318 str.

- (7) PEŠAT, Z.: *Manipulace s materiálem v hutích I. Část*, Ostrava: ES VŠB TUO. 1972. 167 str., ISBN 80-7078-107-6.

Speciální literatura

- (8) ČSN ISO 5048: *Zařízení pro plynulou dopravu nákladů*: Pásové dopravníky s nosnými válečky. Výpočet výkonu a tahových sil. Praha: ČNI, 1994. 16s. ISSN 263102.

(9) ČSN 72 1513: *Přírodní hutné kamenivo drcené: Stavební suroviny, materiály a výrobky.*

(10) ZUBÍK, D: TEZE DOKTORSKÉ PRÁCE: *Netradiční způsoby zpracování primárních a druhotných surovin.*

Internet

(11) Internetové stránky společnosti Vibros s.r.o. dostupné na World Wide Web:

<http://www.vibros.cz>

(12) Internetové stránky společnosti Flexo s.r.o. dostupné na World Wide Web:

<http://www.flexco.cz>

(13) Internetové stránky společnosti GTK spol. s.r.o, dostupné na World Wide Web:

<http://www.gktupesy.cz>

(14) Internetové stránky společnosti Pro Sand Engineering s.r.o, dostupné na World Wide Web:

<http://www.prosand.cz>

(15) Internetové stránky společnosti Remot-mz s.r.o, dostupné na World Wide Web:

<http://www.remot-mz.cz>

(16) Internetové stránky společnosti PSP Pohony a.s, dostupné na World Wide Web:

<http://www.pohony.cz>

9. Seznam obrázků, tabulek a grafů:

Obr. 1.1 Korečkový bagr plovoucí typu KB 50, zdroj:[14].....	20
Obr. 1.2 Drapákový bagr plovoucí typu DB, zdroj: [14].....	20
Obr. 1.3 Sací bagr plovoucí typu SB 50, zdroj: [14]	21
Obr. 1.4 Lžicový bagr výložníkový, zdroj: fotografie doc. Ing. Hrabovský Leopold, Ph.D.	21
Obr. 1.5 Korečkový bagr typu AKX 600, zdroj: [15].....	22
Obr. 1.6 Házecí bagr, zdroj: fotografie doc. Ing. Hrabovský Leopold, Ph.D.	22
Obr. 1.7 Lžicový bagr škrabákový SB 50, zdroj: [15].....	23
Obr. 1.8 Plovoucí dopravníková trasa typu EP 400/3 4+2 A-A, zdroj: [14]	24
Obr. 1.9 Terénní pásový dopravník typu EP 400/3 4+2 A-A, zdroj: [14].....	25
Obr. 1.10 Pásový dopravník typu EP 400/3 4+2 A-A, zdroj: [14]	25
Obr. 1.11 Rotační „odjílovač“ typu RO 1200, zdroj: [14].....	26
Obr. 1.12 Vibrační třídič typu CVS 1230, zdroj: [14].....	26
Obr. 1.13 Nožová pračka typu NP 60/4, zdroj: [14].....	27
Obr. 1.14 Korečkový dehydrátor typu DKP 50, zdroj: [14]	27
Obr. 1.15 „Aguamator“ typu AS, zdroj: [15]	28
Obr. 1.16 „Aguamator“ typu AK pro materiál od 4 mm, zdroj: [15]	28
Obr. 1.17 „Aguamator“ typu AS pro materiál 10-4 mm, zdroj: [15]	28
Obr. 1.18 „Aguamator“ typu ASE pro materiál 0-4 mm s dehydrací, zdroj: [15].....	29
Obr. 1.19 Schéma rozplavovacího kanálu, zdroj: [15]	29
Obr. 1.20 Sedimentační stroj, zdroj: [15]	30
Obr. 1.21 Prací buben, zdroj: vlastní fotografie	31
Obr. 2.1 Letecká fotografie pískovny Kratonohy, zdroj: aplikace google Earth.....	31
Obr. 2.2 Schéma třídící linky šterkopísku, zdroj: Vlastní schéma	32
Obr. 2.3 Skutečné dispoziční řešení třídící linky Kratonohy, zdroj: Vlastní model.....	34
Tab. 3.1 Parametry pásového dopravníku č. 1	35
Tab. 3.2 Parametry přepravovaného materiálu	35
Tab. 3.3 Technické parametry pásového dopravníku.....	36
Obr. 3.1 Tříválečkové uspořádání stolice, zdroj: [8]	36
Obr. 3.2 Elektropohon – 1LA7130-8AB, zdroj: [16]	42
Tab. 3.4 Parametry pohonné jednotky pásového dopravníku	42
Obr. 3.3 Pružná spojka VPS 0,01 (schéma), zdroj: [16].....	45
Tab. 4.1 Technické parametry vibračního třídiče.....	51
Obr. 5.1 Schéma bubnového třídiče, zdroj: Vlastní schéma.....	54
Tab. 5.1 Parametry bubnového třídiče	54
Tab. 5.2 Technické parametry pro bubnový třídič	55

Obr. 6.1 Výkonnostní schéma podle zadavatele, zdroj: Vlastní schéma	60
Obr. 6.2 Výkonnostní schéma max. dopravních výkonností, zdroj: Vlastní schéma	61
Tab. 6.1 Výkonnostní tabulka jednotlivých částí	62
Tab. 6.2 Výkonnostní tabulka větve pro balast	62
Tab. 6.3 Výkonnostní tabulka první větve pro písek	63
Tab. 6.4 Výkonnostní tabulka druhé větve pro písek	63
Tab. 6.5 Výkonnostní tabulka první větve pro štěrk	63
Tab. 6.6 Výkonnostní tabulka druhé větve pro štěrk	64
Graf. 6.1 Maximální propustnosti jednotlivých frakcí	65
Graf. 6.2 Maximální propustnosti jednotlivých frakcí po optimalizaci	65

10. Seznam výkresové dokumentace:

<i>SN2KID01-000</i>	-	<i>SESTAVA</i>
<i>SN2KID01-001</i>	-	<i>ZÁSOBNÍK Č. 1</i>
<i>SN2KID01-002</i>	-	<i>PÁSOVÝ DOPRAVNÍK Č. 1</i>
<i>SN2KID01-003</i>	-	<i>VIBRAČNÍ TŘÍDIČ Č. 1</i>
<i>SN2KID01-004</i>	-	<i>PÁSOVÝ DOPRAVNÍK Č. 2</i>
<i>SN2KID01-005</i>	-	<i>ZÁSOBNÍK Č. 2</i>
<i>SN2KID01-006</i>	-	<i>VIBRAČNÍ TŘÍDIČ Č. 2</i>
<i>SN2KID01-007</i>	-	<i>PÁSOVÝ DOPRAVNÍK Č. 3</i>
<i>SN2KID01-008</i>	-	<i>PRAČKA KAMENIVA</i>
<i>SN2KID01-009</i>	-	<i>VIBRAČNÍ TŘÍDIČ Č. 3</i>
<i>SN2KID01-010</i>	-	<i>VIBRAČNÍ TŘÍDIČ Č. 4</i>
<i>SN2KID01-011</i>	-	<i>PÁSOVÝ DOPRAVNÍK Č. 4</i>
<i>SN2KID01-012</i>	-	<i>PÁSOVÝ DOPRAVNÍK Č. 5</i>
<i>SN2KID01-013</i>	-	<i>PÁSOVÝ DOPRAVNÍK Č. 6</i>
<i>SN2KID01-014</i>	-	<i>PÁSOVÝ DOPRAVNÍK Č. 7</i>

11. Seznam příloh:

(A) VIBRAČNÍ TŘÍDIČ BETA 100.300 1P.PDF

(B) VIBRAČNÍ TŘÍDIČ BETA 055.350.1.PDF

(C) VIBRAČNÍ ŽLABOVÝ DOPRAVNÍK ZVB 050.060 PS.PDF

(D) VIBRAČNÍ TŘÍDIČ GAMA 080.200.2.PDF

(E) VÝKONNOSTNÍ VÝPOČTY.XLSX